А. Д. ЯХОНТОВ

КУРС ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

1933
ГОСТОРГИЗДАТ

А. Д. ЯХОНТОВ

Преподаватель Московского горного института им. Сталина

КУРС ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Учебное пособие для горных втузов



НКТП—1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ГОРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА ЛЕНИНГРАД НОВОСИБИРСК

Г-56-5-2

Редактор *П. А. Любимов.*

Тех. редактор *А. П. Толкунов.*

Подписано к печати 26/II—33 г.
Сдано в производство 23/X — 32 г.
Формат $62 \times 94/_{16}$
Колич. знаков в п. л. 52000
Объем $16^1/_2$ п. л.

Уполн. Главлита № В-42310. Зак. № 9394. Госгориздат № 352. Тираж 7000 экз.

Калуга, Типография Мособлполиграфа.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Гигантские темпы роста социалистической промышленности требуют максимального внедрения взрывчатых веществ в более трудоемкие процессы нашего производства.

Роль взрывчатых веществ и выбор соответствующих их видов приобретает исключительное значение при массовом и концентрированном характере добычи, поэтому освоение техники взрывных работ в условиях новых социалистических производственных отношений является довлеющим фактором в деле реализации решений XVII Партийной конференции по вопросам механизации трудоемких процессов производства, с одной стороны, и выполнения требований индустриализации страны — с другой.

Исключительная актуальность этого вопроса и отсутствие более или менее подходящих пособий, отвечающих запросам студентов горных втузов, поставили передо мною задачу написать курс по взрывчатым веществам. Предлагаемый мною курс, который я систематически веду в Московском горном институте, написан по унификационной программе, но в несколько расширенном объеме, делая основной упор на детальное изучение взрывчатых веществ, применяемых в горном деле, их физико-химических свойств, теории и основных положений из элементов взрыва. Весьма возможно, что этот учебник не сможет ответить на все вопросы, могущие возникнуть в связи с постоянным совершенством техники взрывного дела, но вместе с тем я полагаю, что в основной их части он сумеет дать подробные объяснения.

Пользуясь случаем, отмечаю участие В. А. Ассонова, выразившееся в составлении раздела электропаления, а также помогавшего мне по отдельным вопросам, при составлении этой книги.

А. Яхонтов.

Декабрь 1932 г.

Стр.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ТЕОРИЯ ВЗРЫВЧАТОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Взрывом называется чрезвычайно быстрое разложение взрывчатого вещества, сопровождающееся выделением большого количества тепла и газов. Выделенная теплота и газы вместе производят механическую работу, выражающуюся в виде сильного сотрясения, разрушения, разбрасывания близлежащих предметов, деформирования их и т. п. Взрыв всегда сопровождается сильным звуковым эффектом, а иногда выделением пламени.

Взрывчатыми веществами являются лишь те, которые, заключая в себе большое количество химической энергии, способны быстро обращаться в газы, с превращением своей химической энергии в тепловую.

Следовательно раз при разложении взрывчатых веществ всегда выделяется теплота, то ясно, что взрыв есть экзотермическая реакция, т. е. реакция, идущая с выделением тепла. В зависимости от скорости ее прохождения мы наблюдаем следующие градации в сущности одного и того же явления: тление, горение, вспышку и взрыв. Горением вообще называется экзотермическая реакция, идущая со столь большим повышением температуры, что происходит свечение. Горение в различных случаях может происходить с весьма различной скоростью, в пределе, доходя до вспышки и взрыва. Весьма слабое горение с ничтожным выделением света называется тлением. Вспышкой мы будем называть явление промежуточное между быстрым горением и взрывом. Это — весьма слабый взрыв, в котором отсутствуют сильное механическое действие и характерный звук взрыва. Вспышку дает небольшая кучка дымного пороха, зажженная на открытом воздухе. Звук, напоминающий шипение, происходит от расширения воздуха, сильно нагреваемого этой экзотермической реакцией.

Подобно горению, происходящему с различной скоростью, и взрыв может отличаться по скорости, доходя наконец до детонации. Таким образом мы различаем простой взрыв, при котором, скорость разложения достигает нескольких сот метров в секунду, и взрыв-детонацию, которую мы определяем так: детонацией называется распространение взрывной волны внутри массы взрывчатого вещества, причем скорость распространения должна быть не менее 1 000 *м/сек*.

Эффект взрыва слагается из следующих элементов:

1) наличия количества выделенных газов, так как механическое действие при взрыве производят только газы; поэтому, чем больше выделится газов при взрыве тем эффект взрыва будет больший.

2) Наличия количества выделенного тепла при взрыве, ибо упругость газов возрастает прямо пропорционально повышению температуры. По закону Гей-Люссака объем газов при повышении его на 1° возрастает на $^1/_{273}$ своего первоначального объема; следовательно при постоянном объеме будет увеличиваться его упругость тем больше, чем выше будет температура.

Роль температуры видна из следующего уравнения физического состояния газа:

$$P = P_0 \ (1 + \alpha t)$$

где P — новое давление при температуре t, а P_0 — давление при 0°, $\alpha = \frac{1}{273}$, т. е. давление с каждым градусом увеличения температуры увеличивается на $^1/_{273}$.

3) Влияние скорости разложения самого взрывчатого вещества, т. е. скорости детонации, так как при условии медленного разложения будет постепенное нарастание давления, при быстром же разложении происходит моментальное нарастание давления, и действие газов совершенно иное.

4) В зависимости от правильно взятого капсюля-детонатора для производства взрыва, мы можем получить тот или иной взрывной эффект. Очень часто неполные взрывы в шпуре, выгорание заряда, стаканы и невзорванные патроны взрывчатого вещества и т. п. — являются следствием недостаточности начального импульса. Яркой иллюстрацией изложенного являются приводимые ниже сведения из таблицы опытов инж. Снитко — передачи детонации в ряде патронов динамита различной давности изготовления при применении различных капсюлей-детонаторов (табл. 1).

Таблица 1

	93%-ный динамит число взорвавшихся из 10 патронов
1. Гремучертутный № 6	5,3
2. Гремучертутнотатовый № 8 . . .	9,3
3. Азидотетриловый № 8	10

При укладывании на железном листе 10 патронов впритык, все 10 патронов 93%-го гремучего студня при применении азидового капсюля взрывались, в то время как при других капсюлях часть оставалась невзорванными.

5) Плотность самого взрывчатого вещества и плотность заряжания. Каждое взрывчатое вещество имеет свою наивыгоднейшую плотность, при которой дает наибольшую скорость детонации. При дальнейшем же увеличении ее или уменьшении детонационная волна при взрыве затухает и как следствие остается часть невзорванного взрывчатого вещества со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Только при строгом учете всех указанных выше элементов можно обеспечить полноту и эффект взрыва и максимальное использование взрывчатого вещества.

Взрывчатые вещества по характеру своего действия разделяются на бризантные и метательные. Бризантными взрывчатыми веществами называются такие, скорость детонации у которых свыше 2 000 *м/сек*, причем действие газов у них ударное, и таким образом они производят дробящее действие.

Метательными взрывчатыми веществами называются такие вещества, скорость детонации у которых менее 2 000 *м/сек* и действие газов у них выражается в постепенно нарастающем давлении, благодаря чему при взрыве они производят толкающее (метательное) действие. Применение взрывчатого вещества производится в зависимости от условий: характера предполагаемой работы, крепости породы и других факторов, причем необходимо учитывать все свойства взрывчатых веществ, т. е. выбрать соответствующие из них, ибо только при учете всех указанных выше факторов можно обеспечить максимум работы. Каждое взрывчатое вещество имеет свою предельную скорость детонации, зависящую от различных условий, как например характера возбуждения взрыва, плотности заряжения, времени изготовления, условий хранения и других факторов, при несоответствии которых она меняется и часто идет на понижение. Иногда детонационная волна у старых и недоброкачественных динамитов совершенно затухает, и в дальнейшем происходит обыкновенное сгорание, называемое дефлаграцией.

С изменением скорости детонации изменяется и характер продуктов взрыва, что особенно важно при палении в подземных выработках, так как при дефлаграции динамита выделяется большое количество вредных газов, например окислов азота, окиси углерода и т. п.

ОБЪЕМ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ВЗРЫВЕ

Одним из элементов, составляющих взрыв и обусловливающих его силу, является объем газов, образующихся при взрыве. Определение объема постоянных газов производится следующими двумя способами: 1) опытное измерение объема газов непосредственно в бомбе или собранных в специальном газометре и 2) теоретическое определение на основании формулы химического разложения.

ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГАЗОВ

Опытное определение объема газов в момент взрыва и при температуре взрыва в несколько тысяч градусов практически произвести не представляется возможным, поэтому это определение производят в охлажденных до нормальной комнатной температуры приборах, в которых производится разложение взрывчатого вещества для опыта.

Для собирания и дальнейшего исследования продуктов взрыва производят разложение определенного весового количества взрывчатого вещества в специальном приборе — бомбе Бихеля.

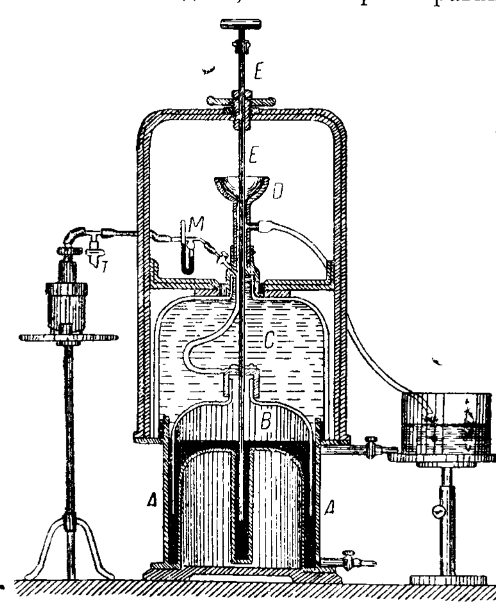
Бомба Бихеля представляет собой стальной цилиндр, с обычным объемом в 15 *л*, герметически закрываемый стальной крышкой. Высота бомбы 48,3 *см*, диаметр 20 *см*, при толщине стенок 12,5 *см*.

Давление внутри бомбы измеряется манометром Бурдона, дающим возможность производить отсчеты с точностью до 00,01 *см³*, равной 7,355 *см* ртутного столба при 0°.

В подвешенную внутри бомбы проволочную сетку закладывается заряд взрывчатого вещества весом 200 + 0,5 *г*, с вставленным электродетонатором, проводники которого соединяются с проводами, выведенными наружу сквозь стенку бомбы.

Перед опытом из бомбы необходимо выкачать воздушным насосом воздух, до разрежения 50 + 5 *мм* ртутного столба, измеряемого по разности отсчетов, которые производятся в это время по барометру и ртутному манометру. Метательные взрывчатые вещества испытываются в бомбе, наполненной воздухом, при нормальном давлении.

После взрыва бомбе дают некоторое время охладиться, затем, соединив ее с манометром Бурдона, производят отсчет давления с точностью до 0,01 *см*. При выравнивании температуры окружающей атмосферы и бомбы манометр перестает понижаться, благодаря чему учитываются показатели барометра и термометра.



Фиг. 1. Ртутный газометр Вееля.

По имеющимся данным, учтя постоянный объем бомбы 15 *л*, производят вычисление объема газов и паров, находящихся в бомбе, отнеся их к 0° и к 760 *мм* ртутного столба. После этого берут через вентиль пробу газов для анализа. Вентиль, кроме этого, служит для соединения воздушного насоса при выкачивании воздуха перед взрывом.

Опытное измерение объема газов может быть и при помощи ртутного газометра Вееля (фиг. 1).

Ртутный газометр Вееля в основном состоит из прочного чугунного сосуда *A* и двух стеклянных колоколов, из которых нижний *B* служит исключительно для собирания газов. Последние собираются под колоколом над ртутью, куда они попадают при помощи резиновой трубки *T*. Нижний колокол неподвижно укреплен, почему стержнем *E* он может быть поставлен на любую высоту. Поднимая или опуская его, мы можем регулировать давление внутри колокола.

Другой стеклянный колокол *C* укреплен неподвижно и герметически скреплен с нижним основанием газометра. Воронкой *D* он заполняется водой и при перемещении нижнего колокола, т. е. по мере того как он заполняется газами, вытесняет собой из колокола *C* равный объем воды, которая, вытекая через боковую трубку, собирается в измерительный сосуд. Для того чтобы следить за давлением газов, в систему соединительных трубок присоединяют ртутный манометр *M*, при помощи которого можно также следить за давлением газов при впуске их в газометр. По количеству вытекаемой воды судят об объеме выделившихся газов, учитывая при этом воду. Так как определение объема газов производится после их охлаждения, то образовавшаяся от сгорания водорода после охлаждения вода бывает жидкой, в то время, как в момент взрыва она бывает газообразной и естественно, что тем самым увеличивает собой упругий объем газов. Поэтому сконденсированную воду, оставшуюся в бомбе, определяют после выпуска газов, высчитывают соответствующий этому весу объем водяного пара и прибавляют к найденному объему газов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГАЗОВ ПО РЕАКЦИИ ВЗРЫВЧАТОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Основанием для теоретического вычисления объема газов служит закон Авогадро, по которому: «в равных объемах газов при одинаковых условиях давления и температуры содержится одинаковое количество частиц или молекул» и что объем одной граммолекулы газа при 0° и 760 *мм* давления равняется 22,4 *л*.

Рассмотрим это на примере. Нам нужно определить объем газов, выделяющихся при взрывчатом разложении пироксилина. Пироксилин при высоких плотностях заряжания разлагается:

$$C_{24}H_{29}(NO_3)_{11}O_9 = 12CO_2 + 12CO + 8{,}5H_2 + 6H_2O + 5{,}5N_2$$

Считаем число граммолекул вместе с водяными парами: 12 + 12 + + 8,5 + 5,5 + 6 = 44, и без них, в случае присутствия воды в жидком состоянии: 12 + 12 + 8,5 + 5,5 = 38.

На основании этого вычисляются объемы газообразных продуктов взрыва для 1 *кг* взрывчатого вещества по следующей формуле:

$$V_0 = 1\,000 \cdot 22 \cdot 4 \cdot N \text{ литров}$$

где 22,4 будет объем 1 граммолекулы при 0° и 760 *мм* давления;
N — количество выделенных молекул газов;
M — молекулярный вес разлагаемого вещества.

Прилагая это к нашему частному случаю с пироксилином, получим:

$$\frac{1\,000 \cdot 22 \cdot 4 \cdot 44}{1\,143} = 859 \text{ л при воде парообразной и}$$

$$\frac{1\,000 \cdot 22 \cdot 4 \cdot 38}{1\,143} = 725 \text{ при воде жидкой.}$$

Возьмем еще пример: черный дымный порох состава 78,9% KNO_3 + + 9,9% S + 11,2% C разлагается примерно по уравнению:

$$10KNO_3 + 4S + 12C = 8CO_2 + 3CO + 5N_2 + K_2CO_3 + 2K_2SO_4 + 2K_2S$$

Число граммолекул газов равняется 8 + 3 + 5 = 16, откуда следовательно на 1 *кг* пороха будет:

$$\frac{1\,000 \cdot 22 \cdot 4 \cdot 16}{1\,282} = 279 \text{ л}$$

Указанным выше способом можно пользоваться только лишь тогда, когда мы точно знаем реакцию химического разложения. Во всех остальных случаях определение объема газов приходится производить экспериментальным путем.

Пользуясь законом Гей-Люссака, мы можем также узнать, какой объем у нас будут занимать газы при любой температуре:

$$V_t = V_0\left(1 + \frac{1}{273}\ t\right)$$

где V_t — объем газа при температуре t; V_0 — объем газа при 0°.

В скобках приводим величины объема газов наиболее употребительных случаях определение объема газов приходится производить экседе: нитроглицерин (712 *л*), гремучий динамитный студень (710), динамит с 75% № 9 (628), пироксилин с 13% азота (859), аммиачная селитра (916), тротил (885), гремучая ртуть (314), дымный порох (279).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ВЗРЫВЧАТОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Все химические реакции в термохимическом отношении делятся на экзотермические — идущие с выделением тепла и эндотермические — идущие с поглощением тепла. Одним из необходимых условий существования взрывчатых веществ, как мы уже говорили, является их способность к экзотермическому разложению. Термохимическое исследование взрывчатых веществ имеет большое теоретическое и практическое значение и приводит к определению двух нужных нам величин: теплоты образования взрывчатого вещества из элементов и теплоты разложения.

Поскольку для нас непосредственно практическое значение в основном имеет теплота, образующаяся при взрыве, то определением ее мы и займемся.

Что же касается теплот образования взрывчатых веществ, то при решении мы будем пользоваться готовыми данными из термохимических таблиц.

Определение теплоты взрывчатого разложения производится двояким путем: экспериментальным — калориметром и калориметрической бомбой Бертелло и теоретическим — на основании формулы химического разложения.

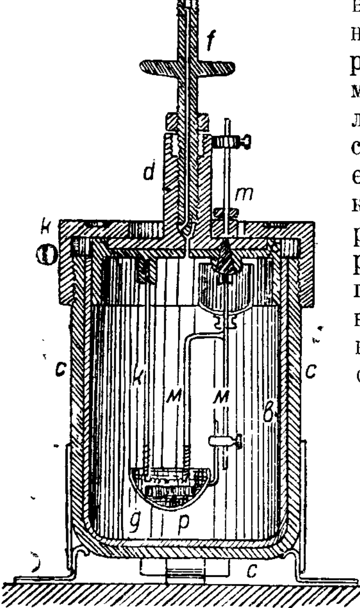
КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Бомба Бертелло представляет собой (фиг. 2) стальной сосуд C, во избежание сгорания стенок бомбы выложенный внутри платиной или покрытый эмалью.

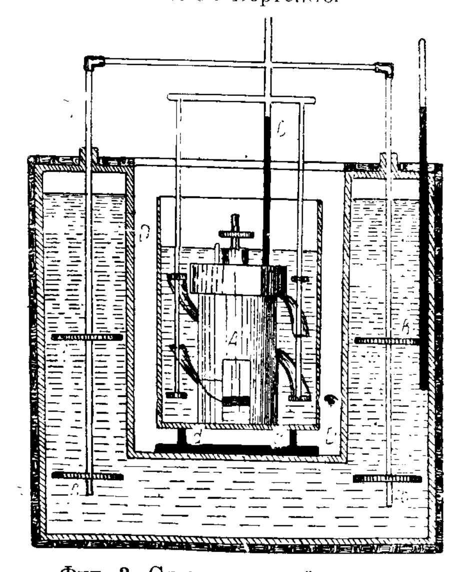
С внутренней стороны бомба имеет навинчивающуюся крышку k, выложенную также платиной или эмалью.

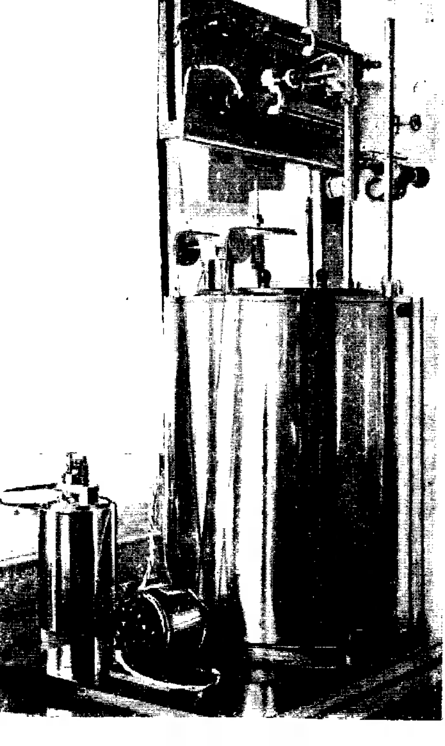
В цилиндрическом стержне d имеется кран Ренью f, служащий для выпуска и впуска газов. Для воспламенения заряда накаливают электрическим током платиновую или железную проволоку q, протянутую между двумя платиновыми стержнями. Один стержень M прикреплен непосредственно к крышке, другой изолирован от крышки эмалью. Заряд взрывчатого вещества помещается в платиновую или кварцевую чашечку, подвешенную на стержне M.

Емкость обыкновенной бомбы около 300 $см^3$, а наибольшая плотность заряжания 0,02. При определении теплоты взрывчатого разложения перед опытом из бомбы выкачивается разряжающим насосом весь воздух, вместо которого вводится нейтральный газ и азот. Приготовленная таким образом бомба помещается в водяной калориметр (фиг. 3 и 4), представляющий собой латунный сосуд D, в который совершенно свободно устанавливается бомба и наливается такое же по весу количество воды, которым может быть закрыта калориметрическая бомба. Этот латунный сосуд-калориметр в свою очередь помещается в другой двустенный сосуд, также наполненный водой. Назначение его — защита от случайных температурных колебаний. Калориметр стоит на эбонитовой подставке d и имеет



Фиг. 2. Бомба Бертелло.


Фиг. 3. Схематический чертеж калориметра (в разрезе).


Фиг. 4. Общий вид калориметра.

так же, как и наружный сосуд, геликоидальные мешалки b и по одному термометру c с делением на сотые доли градуса.

Перед опытом необходимо для всей калориметрической системы установить водяной эквивалент, т. е. теплоемкость прибора, выраженную эквивалентным количеством воды в граммах. Обычно вместе с прибором от завода, изготавливающего прибор, дается и водяной эквивалент его. Для производства опыта собирают бомбу и весь калориметрический аппарат, как было указано раньше; пускают мешалку и прежде всего дают установиться равномерной температуре как в калориметре, так же, как и наружный сосуд, геликоидальные мешалки *b* и по одному После этого каждую минуту на термометре делают отсчет, разделив все испытание на три равных периода, каждый по 5—10 минут.

Первый период — предварительный — состоит в установлении теплового обмена калориметрической системы с окружающейся средой. В этот период, в зависимости от окружающих условий, температура может оставаться постоянной, либо повышаться, либо понижаться, но в закономерном порядке и в каждую минуту на одну и ту же величину, — какую-либо тысячную долю градуса. Записывая температуру каждую минуту, при десятиминутном периоде, после девятой минуты, в момент десятой производят взрыв. Таким образом температуру в момент взрыва определяют из установившейся уже закономерности системы.

Второй период — разложение вещества. Во время этого периода температура сначала быстро поднимается, проходит через максимум, затем начинает падать. Спадание температуры сначала происходит неравномерно, скачками, а потом опять правильно на одну и ту же долю градуса в минуту.

Фиг. 5. Графическое обозначение температурных изменений в калориметре.

Третий период характеризуется установлением равномерного обмена тепла, т. е. калориметрической системы с внешней средой. Способ установления и расчета температур лучше всего можно видеть из графического представления (фиг. 5). По горизонтальной оси измеряется время в минутах, а по вертикальной — температуры. В пределах *ab* проходит предварительный период, причем все температуры располагаются на одной прямой; от *b* до *d* — период горения и от *d* до *e* — последний период опять в виде прямой. Если воспламенение произведено в момент *b*, то можно считать, что горение закончилось за одну минуту *bc*, и расчеты относить именно к моменту *c*. Для определения начальной температуры принимают, что тепловой обмен калориметрической системы и среды идет еще по закону, выражаемому прямой *ab*, а потому, продолжая ее до пересечения с ординатой *Cc* в точке *bc*, находят необходимую температуру. Точно так же поступают для определения максимальной температуры, для чего продолжают прямую *de* до пересечения с ординатой *C* в точке *C'*, которая и отмечает действительную, максимальную температуру опыта. Следовательно повышение температуры определится разностью температур, равной *CC'*. Указанный способ вычисления дает совершенно достаточную точность для данной практической цели.

Количество теплоты в данном опыте определяется из уравнения:

$$Q = \Theta (P_1 + P_2)$$

где Q — повышение температуры, P_1 — количество воды в калориметре и P_2 — водяной эквивалент бомбы и калориметрической системы, выраженный весом воды в граммах.

На найденную величину необходимо внести поправки: на теплоту горения проволочки, служащей для воспламенения, и на теплоту горения вспомогательного запала, иногда применяемого для воспламенения некоторых веществ.

По окончании опыта открывают кран калориметрической бомбы и в случае необходимости исследования газообразных продуктов их выпускают из нее в специальный газометр.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ОСНОВАНИИ ФОРМУЛЫ ХИМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Нитроглицерин разлагается по уравнению:

$$2C_3H_5(ONO_2)_3 = 6CO_2 + 5H_2O + 3N_2 + 0{,}5O_2$$

Из термохимических таблиц находим образования теплоты, углекислоты и воды.

Теплота образования одной молекулы углекислого газа = 94,3 *б. кал*, а у нас образовалось шесть молекул CO_2, следовательно общая теплота образования углекислоты будет 94,3 × 6 = 565,8 *б. кал*.

Теплота образования одной молекулы воды (в газообразном состоянии) равна 58,2 *б. кал*, следовательно общая теплота образования воды будет 58,2 × 5 = 291 *б. кал*. Теплоты образования у элементов азота и кислорода конечно быть не может.

Таким образом мы можем узнать то количество тепла, которое образовалось при получении:

$6CO_2 + 5$ *мол* $6H_2O$ = 565,8 + 291 *б. кал* = 856,8 ***б. кал.***

При этом нам необходимо учесть количество теплоты, затраченное нами на разложение двух граммолекул нитроглицерина. На разложение одной граммолекулы мы затрачиваем 94,2 *б. кал*, а на две — 188,4 *б. кал*.

Следовательно из разницы найдем теплоту, идущую на совершение работы: 856,8 — 188,4 = 668,4 *б. кал*, получившихся при разложении двух граммолекул нитроглицерина. Отсюда теплота взрывчатого разложения 1 *кг* нитроглицерина находится равной:

$$\frac{668{,}4 \cdot 1\,000}{454} = 1\,472 \text{ кал}$$

вес 1 граммолекулы нитроглицерина равен 227 *г*.

Этим способом мы можем пользоваться лишь в том случае, когда [illegible] знаем формулу химического разложения. В противном случае определение приходится вести только экспериментальным путем.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЗРЫВА

Опытное определение температуры взрывчатого разложения до сих пор не проводится главным образом в силу следующих обстоятельств: 1) ввиду чрезвычайной кратковременности реакции и 2) ввиду достигания высоких пределов температур, в силу чего даже самые чувствительные пирометры, применявшиеся для этой цели, не были в состоянии отметить даже резкое изменение температуры при взрыве. Знание же ее чрезвычайно важно вообще, а в особенности для взрывчатых веществ, применяемых в шахтах опасных по газу или пыли, где первым и необходимым условием является низкая температура взрыва применяемых взрывчатых веществ. В связи с этим определение температуры взрыва можно вести только лишь теоретическим путем. Зная теплоту взрывчатого разложения и среднюю теплоемкость продуктов взрыва, мы будем иметь уравнение:

$$t = \frac{Q}{C} \quad (A) \qquad \text{откуда: } Q = tC \quad (B),$$

где Q будет определена из опыта путем калориметрических измерений, ибо это есть теплота взрывчатого разложения, а C — средняя при постоянном давлении $C = 5$ и при постоянном объеме $C = 3$, при условии отнесения теплоемкости к граммолекулярным количествам газов.

Известно, что существуют два рода газов: простые, у которых молекула состоит из одного атома, как например: аргон, гелий, криптон, ксенон, пары металлической ртути, и сложные, у которых молекула состоит из двух или нескольких атомов, как например:

$CO = 2$ атомам; $H_2O = 3$ атомам; $CO_2 = 3$ атомам и др.

Кроме этого также известно, что существуют две теплоемкости при постоянном давлении C_p и при постоянном объеме C_v. Теплоемкость простых газов — величина постоянная и не зависит от температуры при постоянном давлении $C_p = 5$ и при постоянном объеме $C_v = 3$, при условии отнесения теплоемкости к граммомолекулярным количествам газов.

Для газов же со сложными молекулами вопрос значительно усложняется, ибо при нагревании таких газов необходимо считаться с изменением кинетического состояния не только самих молекул, но и атомов внутри молекул. Поэтому их теплоемкость увеличивается на некоторую величину a, которая естественно возрастает с увеличением сложности молекулы и с повышением температуры. Эта зависимость подтверждается опытом и на основании ряда исследований может быть выражена в виде следующего уравнения:

$$C = a + bt$$

где коэфициент a изменяется в зависимости от природы газов и повышения температуры. Функции повышения температуры выражают через коэфициент b.

Зная теперь значение средней теплоемкости C, подставляем его в наше уравнение:

$$Q = tC$$

Тогда получим квадратное уравнение: $Q = at + bt^2$. Перенося Q в правую сторону, будем иметь $bt^2 + at - Q = 0$.

Решая это уравнение относительно t имеем:

$$t = \frac{-a \pm \sqrt{a^2 + 4bQ}}{2b}$$

где Q есть количество теплоты взрывчатого разложения, выраженное в малых калориях, одной граммолекулы взрывчатого вещества. Коэфициенты a и b определяются в зависимости от состава газообразных продуктов взрыва.

Для практических вычислений Сарро показал, что можно с достаточной точностью пользоваться следующими уравнениями:

для газов с двухатомными молекулами:

$$a + bt = 4{,}8 + 0{,}001$$

для газов с трехатомными молекулами:

$$a + bt = 6{,}2 + 0{,}0025$$

Пример 1. Определить температуру взрыва нитроглицерина, причем Q для двух граммолекул равно 668,400 *м. кал.*

Разложение нитроглицерина будет:

$$2C_3H_5(ONO_2)_3 = 6CO_2 + 5H_2O + 3N_2 + 0{,}5O_2$$

величины a и b найдутся:

$$a = 11 \cdot 6{,}2 + 3{,}5 \cdot 4{,}8 = 85$$
$$b = 11 \cdot 0{,}0025 + 3{,}5 \cdot 0{,}001 = 0{,}037$$
$$t = \frac{-85 \sqrt{+85^2 + 4 \cdot 0{,}037 \cdot 668400}}{2 \cdot 0{,}037} = 3252{,}5$$

Пример 2. Определение температуры взрыва пироксилина. Разложение пироксилина:

$$C_{24}H_{29}(NO_3)_{11}O_9 = 12CO_2 + 12CO + 8{,}5H_2 + 5{,}5N_2 + 6H_2O$$
$$Q = 1\,177 \text{ б. кал}$$
$$a = 18 \cdot 6{,}2 + 26 \cdot 4{,}8 = 236{,}4$$
$$b = 18 \cdot 0{,}0025 + 26 \cdot 0{,}001 = 0{,}071$$
$$t = \frac{236{,}4 + \sqrt{236{,}4^2 + 4 \cdot 0{,}071 \cdot 177\,000}}{2 \cdot 0{,}071} = 2\,700$$

ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯЖАНИЯ

Плотность бывает действительная и гравиметрическая (кубическая). Под действительной плотностью подразумевается плотность самого тела вещества, определяемая из отношения $\Delta = \frac{p}{v}$

где Δ — плотность взрывчатого вещества,

p — вес взрывчатого вещества,
v — объем взрывчатого вещества.

Под гравиметрической плотностью подразумевается плотность сыпучих тел, определяемая из отношения веса вещества к объему, в котором оно находится, что выражается той же формулой.

У взрывчатых веществ различают плотность действительную (у желатинированных и твердых) и плотность гравиметрическую (у порошкообразных и зернистых).

Между скоростью детонации и действительной и гравиметрической плотностью как у желантинированных взрывчатых веществ, так и у порошкообразных существует определенная зависимость.

Каждое взрывчатое вещество имеет свою наивыгоднейшую плотность, при которой дает максимальную скорость детонации, присущую данному взрывчатому веществу, при дальнейшем же ее увеличении или уменьшении скорость детонации уменьшается и взрывная волна затухает.

Таблица 2

Плотность при 15°	Скорость детонации	Сорт в/вещ.
1,376	6 810 *м* в сек.	Экстра нобелевский динамит
1,381	7 020 „ „ „	
1,384	6 175 „ „ „	
1,477	2 540 „ „ „	
1,537	2 160 „ „ „	
1,579	неполные взрывы	

Для характеристики мы приводим данные из работы Наукгофа (Nauchoff. Zeitschrift f. d. gesamte Schies- und Sprengstoffwesen № 2, 1931). Для обеспечения полноты взрывчатого разложения всегда надлежит считаться перед заряжанием шпура с действительной и гравиметрической плотностью взрывчатого вещества, ибо плотности в зависимости от условий и времени хранения всегда идут на увеличение, что влечет за собой понижение скорости детонации.

Под плотностью заряжания подразумевается отношение веса взрывчатого вещества ко всему объему, в котором оно находится, т. е. $\Delta = \frac{p}{v}$, где Δ — плотность заряжания, P — вес взрывчатого вещества, а v — объем, в котором оно находится.

Таблица 3

Плотность заряжания	Черный порох	Нитроглицерин	Пироксилин	Пикриновая кислота	Аммиачная селитра	Гремучая ртуть
0,1	336	1 098	1 061	983	542	468
0,2	708	2 351	2 343	2 174	1 217	966
0,3	1 123	3 847	3 921	3 650	2 077	1 501
0,4	1 587	5 640	5 912	5 523	3 211	2 072
0,5	2 112	7 829	8 502	7 981	4 779	2 686
0,6	2 708	10 560	12 000	11 350	7 032	3 347
0,7	8 393	14 060	17 020	16 240	10 800	4 068
0,8	4 201	21 520	24 810	24 030	17 870	4 952
0,9	5 126	25 270	38 500	38 310	36 250	5 683
1,0	6 236	35 010	—	—	—	6 602
1,2	9 255	—	—	—	—	8 726
1,4	14 130	—	—	—	—	1 320
1,6	29 340	—	—	—	—	14 560
1,8	—	—	—	—	—	18 790
2,0	—	—	—	—	—	24 350
2,4	—	—	—	—	—	43 970

При отнесении веса взрывчатого вещества к единице мы будем иметь $\Delta = \frac{1}{v}$, а зная плотность, определим объем: $v = \frac{1}{\Delta}$. С увеличением плотности заряжания увеличивается давление и происходит ускорение разложения взрывчатого вещества, так как с увеличением давления скорость детонации быстро возрастает, но до известных пределов. Из приводимой таблицы Брунсвига видна зависимость давления, развиваемого газами (выраженного в атмосферах на 1 $см^2$) от плотности заряжания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШЕГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВЕ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Определение наибольшего давления при взрыве в замкнутом пространстве является одним из основных элементов, характеризующих то или иное взрывчатое вещество, ибо образующимся высоким давлением при взрывчатом разложении пользуются на практике с целью производства того или иного разрушительного действия. И как это мы видели выше, образуемое давление зависит главным образом от плотности заряжания.

Обоснованием для теоретического вычисления максимального давления при взрыве служит известная нам зависимость между давлением, объемом и температурой, на основании законов Бойля-Мариотта и Гей-Люссака.

По закону Бойля-Мариотта известно, что объем газов изменяется обратно пропорционально производимому на него давлению, а по закону Гей-Люссака, что объем газа изменяется прямо пропорционально изменению температуры, т. е. при повышении температуры на 1° объем увеличивается на $^1/_{273}$ своего первоначального объема.

Таким образом зависимость между давлением, объемом и температурой выразится:

$$pv = p_0 v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

где p_0 — начальное давление, обыкновенно принимаемое равным 1 *ат*; v_0 — объем при давлении p_0 и температуре 0°; t — температура, а p и v — давление и объем при температуре t.

Выразив это уравнение в абсолютной температуре $T = 273 + t$, имеем:

$$pv = \frac{p_0 v_0}{273}(273 + t) = \frac{p_0 v_0}{273} T$$

Так как v_0 для данного количества газа есть величина постоянная, а p_0 принимаем равным нормальному атмосферному давлению, т. е. тоже величина постоянная, то, обозначая постоянную величину

$$\frac{p_0 v_0}{273} =$$

получаем уравнение Клапейрона:

$$pv = RT$$

т. е. произведение объема газа v на его давление пропорционально абсолютной температуре. Ввиду того что не весь объем занимают газы, а какую-то часть из них занимают материальные частицы, получается, что газ заключен не в объеме, предоставленном ему, а в меньшем на величину a, равную сумме объемов самих молекул, сжатых до сближения, т. е. в объеме

$$v - a$$

Эта величина a называется коволюм. Тогда уравнение Клапейрона выразится: $p = \frac{RT}{v - a}$, откуда можно определить давление p, развиваемое взрывчатым веществом по данным: $R = \frac{p_0 v_0}{273}$, где T — абсолютная температура, v — объем газов, заключающий в себе единицу веса тех же газов и a — коволюму образующихся газов.

Выражая v через плотность заряжания $\frac{1}{\Delta}$, получаем следующую формулу:

$$p = \frac{RT}{\frac{1}{\Delta} - a} = \frac{RT}{1 - a\Delta} = \frac{p_0 v_0}{273} \cdot \frac{T \cdot \Delta}{1 - a\Delta} = RT \frac{\Delta}{1 - a\Delta}$$

где v_0 — объем газов, образуемых 1 *кг* данного взрывчатого вещества при 0° и 760 *мм* давления, — является постоянной только для данного вещества (и то при одинаковых условиях горения); T — абсолютная температура взрыва, Δ — плотность заряжания, a — коволюм всей смеси газов, образуемых единицей веса вещества. Обозначим:

$$RT = \frac{p_0 v_0}{273} T = f$$

тогда:

$$P = f \frac{\Delta}{1 - a\Delta} \qquad \text{[(С) уравнение Абеля.]}$$

Эта формула выражает наибольшее давление при взрыве в замкнутом пространстве.

Выражение $f = \frac{p_0 v_0}{273} T$ представляет собой выражение, характеризующее взрывчатое вещество и называется силой взрывчатого вещества.

Из уравнения $P = \frac{t}{v - a}$ мы видим, что если $v - a = 1$, то $p = f$, т. е. сила взрывчатого вещества выражается его наибольшим давлением. Следовательно, взрывая 1 *кг* вещества в замкнутом объеме, равном 1 *л* $+ a$ (продуктов взрыва), и измеряя давление, мы могли бы практически определять его силу. Однако здесь потребуются такие прочные оболочки, выполнение которых на практике невозможно.

Из той же формулы видно, что если $v = a$, то $p = \frac{f}{0} = \infty$, т. е. если взорвать вещество в замкнутом объеме, равном коволюму образующихся газов, то давление газов становится бесконечным и его не выдержит никакая оболочка. Вычисляя для различных взрывчатых веществ их критическую плотность заряжания $\Delta = \frac{1}{a}$ становится абсолютно понятным, почему большинство взрывчатых веществ разрывают оболочки любой прочности, когда они взрываются в объеме, целиком ими занимаемом.

В среднем коволюм принимают равным 0,001 v, где v — объем газов 1 *кг* взрывчатого вещества. В случае образования при сгорании взрывчатых веществ твердого остатка (дымный порох) объем его a_1 должен быть прибавлен к величине коволюма a и вычтен из общего объема:

$$v - (a + a_1)$$

Из вышеприведенного уравнения (С) теоретически максимальное давление взрыва будет тем больше, чем больше будет сила взрывчатого вещества, причем это давление в замкнутом пространстве не зависит от скорости реакции.

В условиях же горных работ полностью замкнутого пространства мы не имеем, ибо сплошь и рядом работают со слабыми забойками или вовсе без них. В этом случае давление пропорционально не только температуре и объему выделившихся газов, но и скорости детонации.

Для сравнительного определения бризантной силы взрывчатых веществ может служить наиболее распространенная формула Каста, по которой бризантность выражается как произведение удельной энергии взрывчатого вещества на его скорость детонации и на кубическую плотность:

$$B = f \cdot V \cdot \Delta$$

Две величины Δ и V вполне доступны непосредственному измерению, третья же удельная энергия взрывчатого вещества может быть определена по формуле:

$$f=\frac{p_0\,v_0}{273}\,T$$

По формуле Каста бризантность взрывчатого вещества представляет собой меру интенсивности проявления энергии разложения, отнесенной к единице объема взрывчатого вещества.

Недостатком формулы, частью отмеченным самим автором, являются следующие моменты.

1. Формула не отражает влияния формы взрывчатого вещества, а между тем известно, что мощность, развиваемая взрывчатым веществом, имеющим форму шара, при инициировании из центра гораздо больше, чем при детонации цилиндрического патрона, взрываемого с одного конца.

2. Три величины, входящие в формулу Каста, связаны между собой, так как при изменении плотности меняются как скорость детонации, так и состав продуктов взрывчатого разложения, а следовательно меняется и f, что ограничивает возможность ее применения для учета влияния отдельных факторов на взрывчатое разложение.

3. При детонации первоначальный импульс обнаруживает заметное усилие в направлении движения детонации, что также не учтено формулой.

Пример. Определить максимальное давление по уравнению Абеля взрыва пироксилина при $\Delta=0{,}3$.

$$C_{24}H_{29}O_9(NO_3)_{11}=12CO_2+12CO+6H_2O+8{,}5H_2+5{,}5N_2$$

При взрыве выделилось 44 молекулы газов, причем каждая молекула при 0° занимает объем 22,4 *л*, следовательно:

$v_0=224\times44=860$ *л*
$t=2\,700°$
$T=2\,700+273=2973°$
$Q=1\,045$ *кал* (при воде газообразной)
$a=0{,}860$
$a_1=0$

Нормальное давление на 1 $см^2$ воздуха $=1{,}033$ *кг*.

Следовательно, чтобы найти

$$f=\frac{p_0v_0}{273}T=RT$$

мы имеем:

$$R=\frac{1{,}033\cdot860}{273}=3{,}257$$

откуда

$$RT=9700\ кг$$

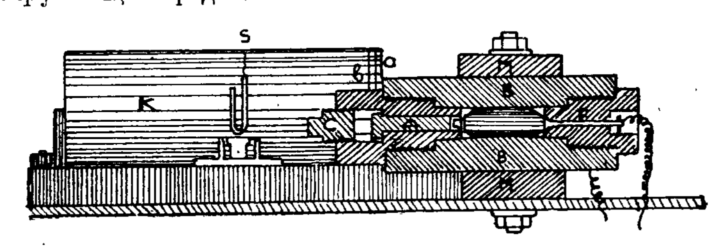
Следовательно

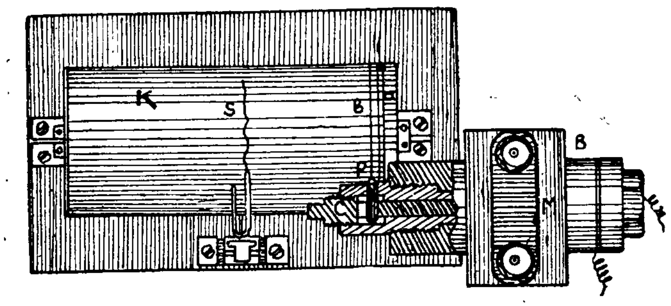
$$=\frac{9\,700\cdot0{,}3}{1-0{,}860\cdot0{,}3}=3\,921\ кг$$

Величины давлений, вычисляемых теоретическим путем, вполне согласуются с данными из опытных наблюдений.

ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШЕГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВЕ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Для опытного определения служит манометрическая бомба Сарро и Вьеля. При условии отсутствия потери стенками бомбы теплоты взрывчатого разложения в окружающую среду развивающееся внутри бомбы давление будет возрастать до максимума и на нем остановится. В действительности всякая оболочка является теплопроводимой, и с самого первого момента сгорания взрывчатого вещества происходит отдача теплоты взрыва через стенки оболочки. Поэтому давление, достигнув за некоторый промежуток соответственной максимальной величины, начинает падать, доходя до предела, зависящего от емкости камеры и объема газообразных продуктов взрыва, так как температура газообразных продуктов взрыва уравнивается с начальной температурой опыта, т. е. окружающей средой.





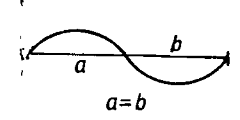
Фиг. 6. Манометрическая бомба Сарро и Вьеля.

Манометрическая бомба состоит из прочного стального цилиндра *B* (фиг. 6), снабженного двумя завинчивающимися пробками. Для лучшей герметичности внутренние концы обеих пробок упираются в обтюраторы в виде конических колец из красной меди, прижимаясь к ним с большим усилием. Одна из пробок *F* имеет специальное приспособление, служащее для воспламенения заряда, находящегося внутри бомбы. Это приспособление слагается из следующего: в канал пробки вставляется стальной стержень, изолированный от тела бомбы непроводящим электрическим токоматериалом. На конце этого стержня вставляется один борн из куска медной проволоки, а на пробке другой. Соединяя их между собой тонкой платиновой или константановой проволочкой и пропуская по ним электрический ток, благодаря накаливанию образовав-

шегося мостика будет вызвано воспламенение небольшого запала из дымного пороха (0,2—0,3 *г*) или пироксилина, от которого воспламенение передастся помещенному в бомбе заряду взрывчатого вещества. Эта же пробка имеет еще кран Ренью, служащий для выпуска газов из бомбы для исследования характера продуктов взрывчатого разложения.

В другой пробке имеется подвижной, хорошо пришлифованный поршень определенного веса и определенного поперечного сечения. Между поршнем и ввинчиваемой втулкой *С*, перед опытом устанавливается точно обмеренный литой цилиндрик — крешер (из красной меди). Образующееся в бомбе давление передается через поршень крешеру, по величине сжатия которого судят о максимальном давлении, образующемся в бомбе. Для этого определения необходимо иметь так называемые таражные таблицы, составленные на основании специальных опытов сжатия цилиндриков давлениями определенной величины. Следовательно определенному сжатию будет соответствовать определенное давление. Большей частью для опытов применяются цилиндрики высотой 13 *мм*, диаметром 8 *мм*.

Вместе с измерением максимального давления в этой же бомбе можно определить нарастание последнего и продолжительность разложения взрывчатого вещества, для чего применяется особый аппарат, автоматически записывающий и то и другое. Аппарат состоит из барабана *К*, покрытого закопченой бумагой. Барабан приводится во вращение электромотором. Бомба зажимается в тисках около барабана, а к поршню, передающему давление на крешер, приделано стальное перо, прикасающиеся к цилиндру *К*, покрытому бумагой. До взрыва при вращении барабана перо чертит окружность *a*, во время взрыва — кривую *ab*, а после взрыва — окружность *b*. Расстояние между этими окружностями должно равняться величине обжатия крешера и соответствует максимальному давлению; ординаты же кривой *ab*, измеряемые от окружности *a* по производящим, выражают величины давления в промежуточные моменты горения взрывчатого вещества. Для определения продолжительности разложения взрывчатого вещества применяют камертон *E*. К одной из ножек камертона прикрепляют перо, касающееся также барабана. Зная число колебаний камертона в секунду, можно определить время, соответствующее одному размаху его ножки или двум волнам на кривой фиг. 7. Расстояние между производящими, проведенными через *a* и *b*, деленное на скорость движения окружности барабана, равно времени сжатия цилиндра и следовательно равно скорости разложения взрывчатого вещества.



Фиг. 7. Кривая давлений в бомбе Сарро и Вьеля.

Кривые давлений в бомбе Сарро и Вьеля прекрасно иллюстрируются на фиг. 7.

На практике взрывчатые вещества никогда не достигают теоретически максимального давления, ибо большая часть теплоты взрывчатого разложения теряется благодаря различного рода причинам: теплопроводности, лучеиспусканию и др., а потому и максимальная температура взрыва также не достигает высшего теоретического значения. Это отклонение будет тем более, чем медленнее разлагается взрывчатое вещество.

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС

Первоначальный импульс — толчок, сообщающийся взрывчатому веществу для его разложения. В зависимости от силы и мощности начального импульса мы получаем тот или иной взрывной эффект. Начальным импульсом в взрывном деле служит капсюль-детонатор, представляющий собой металлическую гильзу с запрессованным зарядом инициального взрывчатого вещества: гремучей ртути, азида свинца, тетрила или тротила. Для представления о том, в какой степени можно изменять скорость взрывчатого разложения в зависимости от первоначального импульса, можно привести известный пример с пироксилином. Если взять ряд пироксилиновых шашек, уложенных в ряд на длине 1 *м*, и детонировать с одного конца капсюлем гремучей ртути, скорость разложения его при этом достигает 5 000—6 000 *м/сек*. Если тот же пироксилин, т. е. с теми же физико-химическими данными, воспламенить огнем, то скорость разложения будет только несколько сот метров в секунду. Это еще более наглядней рисуется из приводимой ниже таблицы определения скорости детонации на искровом хронографе Браса. Скорость детонации определялась в патронах обычного диаметра, длиной около 70 *см*, при применении пяти различных капсюлей детонаторов [1] (табл. 4).

Таблица 4

Капсюль-детонатор	93%-ный гремучий студень			
	Скорость детонации	Средние результаты	Отклонение от среднего	Ошибка определения
Азидотетриловый	8 260 7 640	7 950	310 4%	340
№ 8 гремучертутнотоловый	5 000 5 670	5 340	340 6,3%	190
№ 8 комбинированный . .	2 850 1 550	2 220	650 29,5%	50
№ 6 комбинированный . .	—	—	—	—
№ 6 гремучертутный . .	1 290 910	1 100	190 17,3%	25

Капсюль-детонатор	83%-ный динамит свежий			
	Скорость детонации	Средние результаты	Отклонение от среднего	Ошибка определения
Азидотетриловый	7 660 7 340	7 500	160 2,1%	340
№ 8 гремучертутнотоловый	5 780	5 780	—	230

[1] „Горный журнал“ № 10 — 11. 1930.

Из приведенной таблицы видно, что скорость детонации для 93%-го гремучего студня в очень сильной степени зависит от первоначального импульса, т. е. от того, каким капсюлем-детонатором производится подрывание. Наибольшую скорость детонации дает капсюль азидотетриловый; чистый гремучертутный № 8 дает приблизительно те же результаты; гремучертутный-тротиловый № 8 и № 6 дают уже значительно пониженные результаты.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Источником работы при взрывчатом разложении является химическая энергия, которая, превращаясь при взрыве в теплоту, нагревает газы, расширяет их и производит механическую работу.

Следовательно, зная количество тепла Q, выделяющееся при взрывчатом разложении, и умножая на механический эквивалент E, мы получим: $T = EQ$, т. е. теоретически возможную энергию взрывчатого вещества, называемую потенциальной энергией ($E = 427$ *кг/м*).

Ввиду того, что при взрыве немаловажную роль играют газы, начальный импульс, плотность заряжания и другие факторы, работоспособность взрывчатого вещества определять только одной потенциальной энергией нельзя. Так например термит — порошок, представляющий собой смесь $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, при горении выделяет большое количество тепла, так как обладает огромной потенциальной энергией, но, не давая газов, он не обладает взрывчатой силой, а потому и не может считаться взрывчатым веществом.

Полезная же работа взрывчатого вещества значительно меньше потенциальной энергии.

Ниже приводится для некоторых взрывчатых веществ общая таблица величин, о коих здесь идет речь, в которой введены следующие обозначения (табл. 5):

Таблица 5

Название взрывчатых веществ	1 v_0	2 a	3 f	4 f'	5 Относительная потенциальная энергия при равном весе	6 Относительная потенциальная энергия при равном объеме	7 Δ
Дымный порох	280	0,490	3 090	1	1	1	1
Пироксилин (сухой)	860	0,860	9 390	3,05	1,50	1,65	1,1
Коллодионный пироксилин	970	0,970	7 910	2,55	1	—	—
Нитроглицерин	715	0,715	9 760	3,15	2,2	3,50	1,6
Гремучий студень (9,15%)	710	0,710	9 940	3,20	2,45	3,50	1,6
Гурдинамит (75%)	630	0,725	7 740	2,50	1,65	2,50	1,5
Мелинит	875	0,875	8 670	2,50	1,10	1,70	1,6
Гремучая ртуть	315	0,315	4 380	1,40	0,55	2,20	4
Аммонал	680	0,770	8 890	2,90	2,35	4,25	1,8
Аммонийная селитра	975	0,975	4 730	1,55	0,85	1,45	1,7
Тринитротолуол	850	0,850	7 169	2,32	—	—	1,6

1) V_0 — объем газов, образуемых 1 *кг* взрывчатого вещества в литрах, при воде газообразной;

2) $a = a_1 + a_2$, коволюм вместе с твердым остатком для 1 *кг* взрывчатого вещества;

3) $f = \frac{p_0 v_0}{273} T$ — сила взрывчатого вещества, проявляемая 1 *кг* его в атмосфере;

4) $f^1 = \frac{f}{f_{\text{дымн. пор.}}}$ — относительная сила взрывчатого вещества при силе дымного пороха, принятой за единицу;

5) T — относительная потенциальная энергия при равных весах взрывчатых веществ T_a равна $\frac{T}{t}$, где t — дымный порох равен 335 000 *кг/м* для состава: 75% селитры, 14% угля, 10% серы и 1% влажности;

6) то же при равных объемах взрывчатых веществ;

7) плотность, при которых вычислены величины графы 6.

ДЕТОНАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Раньше уже мы говорили, что разложение взрывчатого вещества может протекать с различной скоростью, в зависимости от самого взрывчатого вещества и целого ряда условий его воспламенения. Например, если мы возьмем нитроглицерин и воспламеним его открыто на воздухе или в оболочке при помощи накаленного тела или пламени, то он или сгорает сравнительно спокойно или дает слабый взрыв; если же его взрывать посредством капсюля, то он дает сильный взрыв, по разрушительному действию превосходящий во много раз первый. Последнее явление носит название детонации и впервые было открыто Нобелем в 1864 г. в применении к нитроглицерину.

В применении к пироксилину интересные опыты приведены Абелем. Сухой прессованный пироксилин легко детонирует от действия капсюля гремучей ртути, в то время, как рыхлый пироксилин дает только частичную детонацию, а большая часть его разбрасывается. Влажный же пироксилин, содержащий 18% и более влаги, непосредственно от гремучей ртути детонации не воспринимает и требует особого запала из сухого пироксилина.

Для объяснения явления детонации и таких огромных скоростей распространения взрывной волны внутри массы взрывчатого вещества было предложено несколько гипотез. Одной из наиболее близких к истине является теория взрывной волны, данной Бергелло. Эта теория ставит в связь явления детонации от механического действия удара, т. е. детонация может быть вызвана не только взрывом капсюля-детонатора, но и обыкновенным механическим действием — ударом, причем если последний будет недостаточен для получения детонации, то получится так называемый «неполный взрыв», или затухание взрывной волны.

Таким образом, когда производится сильный механический удар по взрывчатому веществу посредством газообразных продуктов разложения капсюля-детонатора, то механическая энергия, будучи оста-

новлена сопротивлением вещества, обращается в тепловую энергию с значительным повышением температуры. Это почти мгновенное повышение температуры частиц взрывчатого вещества вызывает в них мгновенное разложение взрывчатого вещества со всеми последствиями, т. е. частицы образующихся газов под влиянием выделяющейся теплоты, опять стремясь расшириться, производят как бы короткий механический удар по соседним частицам. Этот удар повторяет тот же цикл явлений по отношению соседних слоев и т. д. Такое чередование в кратчайшее время явлений механических, тепловых и химических от слоя к слою и составляет так называемую взрывную волну. Таким образом явление детонации сводится к быстрому распространению во взрывчатом веществе взрывной волны от частицы к частице, вызывающей общее разложение всей его массы, протекающее с колоссальной быстротой.

Ранее было указано, что каждое взрывчатое вещество имеет свою предельную скорость детонации, которая в зависимости от условий возбуждения взрыва, плотности заряжения, действительной и гравиметрической плотности, а также и состояния взрывчатого вещества, т. е. условий и времени его хранения может изменяться в сторону значительного ее уменьшения. Бывают случаи, когда скорость детонации, постепенно уменьшаясь, доходит до полного затухания детонационной волны, тем самым оказывая сильное влияние на эффект взрыва, образование вредных продуктов при взрыве и безопасность самих работ. Оставшиеся невзорванные патроны динамита в добытом ископаемом всегда могут служить причиной несчастного случая при разборке, погрузке и выгрузке породы и т. п. Зная точно скорость детонации того или иного взрывчатого вещества для каждого вида работ можно выбрать соответствующее. Скорость детонации взрывчатых веществ определяется на аппарате Метеганга и по способу Дотриша.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОМОЩИ ХРОНОГРАФА МЕТЕГАНГА

Аппарат Метеганга (фиг. 8) служит для измерения скорости детонации взрывчатых веществ и для измерения скорости полета снаряда. Принцип аппарата основан на том, что благодаря детонации ряда патронов, общей длиной в 1 *м*, либо благодаря полету снаряда прерывается первичный ток двух или более искровых индукторов, а из вторичных обмоток одновременно перескакивают искры на закопченный барабан, где они оставляют светлые места. При измерении скорости детонации взрывчатых веществ первичный ток искровых индукаторов перерывают пуском этих токов через начало и конец трубки, наполненной взрывчатым веществом, проводимость которого прерывается взрывом.

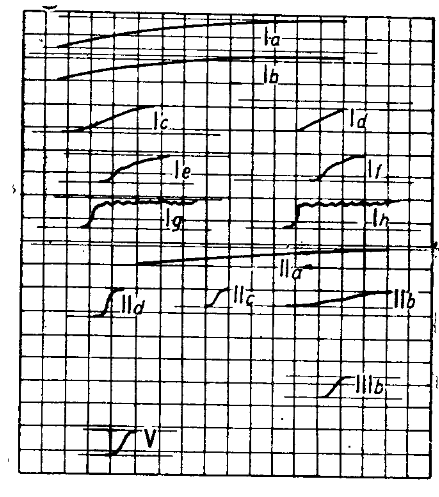
Перескакивание **о т р и ц а т е л ь н ы х** индукционных искр на закопченную поверхность барабана происходит через платиновые иглы, которые должны быть установлены возможно ближе к поверхности барабана и на одинаковом от нее расстоянии. Перед этим (подвинчиванием) необходимо так установить держатель платиновых игл, чтобы его можно было сдвигать строго параллельно наружной поверхности барабана.

При проскакивании искр возникает осцилляторный разряд, поэтому образуется даже небольшой ряд искр. Измерению естественно подвер-

гается первая, сильнейшая искра этого ряда. Чтобы этот вторичный разряд заставить последовать по возможности сразу, конденсаторы включаются в первичную цепь, причем в этих случаях также проскакивают искры. Для их устранения по пути искр либо устанавливается проволока, замыкающая этот путь, либо платиновые иглы временно отвинчиваются и удаляются в сторону от барабана.

Величина отклонения в сторону начала искрового ряда, отнесенная к длине ряда патронов взрывчатых веществ или к величине удаления обеих точек перерыва первичной цепи снарядом (с поправкой на скорость вращения окружности барабана) даст скорость детонации взрывчатого вещества.

Скорость вращения барабана должна приравниваться к измеримому промежутку времени, причем она находится из показания имеющегося на распределительной доске резонанс-тахометра. Скорость вращения поверхности барабана, равная 50 *м/сек* и отвечающая 100 об/сек, является удовлетворительной для измерений.



Фнг. 8. Кривая давлений в бомбе Сарро и Вьеля.

I--Черный порох прн $\triangle=0{,}70$.
a, *b*—прессованный; *c*, *d*—в кусках; *e*, *f*—зернистый; *g*, *h*—пыль.
II--Нитроклетчатка при $\triangle=0{,}22$.
a — прессованный; *b* — в кусках; *e* — мезга; *d*—пыль. V—Дииамнт прн $\triangle=0{,}3$.
Примечаиие: в кривых I *a* и I *b* размеры времени сокращены на $^1/_5$.

Измерение отклонения обеих начальных искр на барабане производится микроскопом с натянутыми в окуляре крестообразными нитями. Предварительное измерительное приспособление включается бесконечным винтом в миллиметровую шкалу барабана. Каждый оборот указателя измерительной гайки означает путь на поверхности барабана в 1 *мм*, поэтому измерение возможно с точностью до $^1/_{100}$ *мм*.

Горизонтальное подвинчивание держателей платиновых игл позволяет производить на барабане много измерений, не заканчивая его заново.

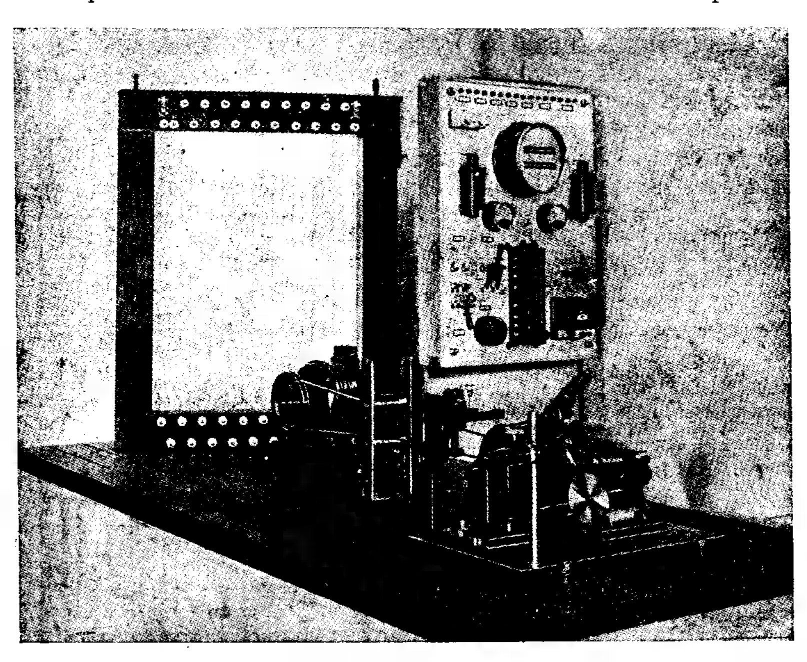
Связь вторичной цепи с платиновыми иглами достигается впаиванием проволоки в маленькие латунные гильзы, прилаженные к винтам платиновых игл.

Особенно необходимо остерегаться искривления платиновых игл, вызывающих отклонения в перескакивании искр, что может служить источником ошибок при измерениях. Для устранения искривления платиновых игл при параллельной установке к эбонитовому держателю платиновых игл принимают швейную иглу с приспособленным зажимным винтом.

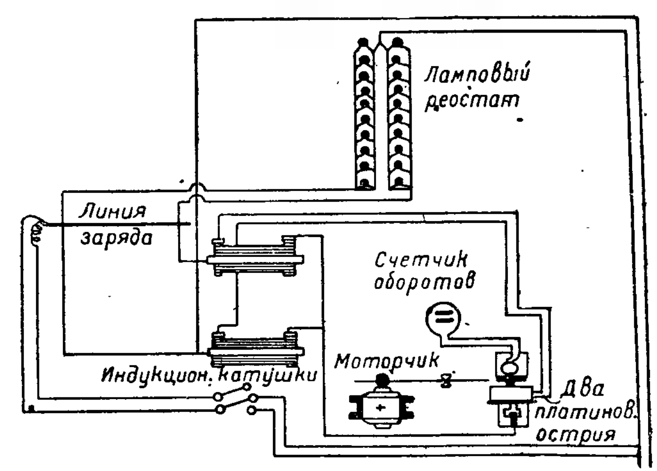
Медленно и равномерно вращая барабан над маленьким коптящим бензольным пламенем, производят его закопчение.

На фиг. 9 и 10 изображены фотографии аппарата для измерения скорости детонации, приспособленного и для измерения скорости полета снаряда.

Включение аппарата в распределительную доску, а тем самым в сеть видно из приложенной схемы включения. Оба полюса «сеть» рассчитаны



Фиг. 9. Аппарат Метеганга для определения скорости детонации.



Фиг. 10. Схема включения аппарата Метеганга.

на переменный ток в 220 V. Зажимы распределительной доски «мотор» соединяют с обоими зажимами мотора, а зажимы распределительной доски «батарея» присоединяются к приключаемому аккумулятору. Нужно

остерегаться соединения плюса с плюсом и минуса с минусом. Зажимы распределительной доски «патронный ряд» связывают с подрывным капсюлем патронной линии для измерения скорости детонации взрывчатого вещества. Зажимы распределительной доски «скользящий контакт» связывают с полюсами A и B самого аппарата. Зажимы распределительной доски первого и второго мест перерыва цепи связывают при измерении скорости снаряда с полюсными зажимами первой и второй решетчатых рам. Средний зажим распределительной доски «контакт» связывают с полюсным зажимом c аппарата, тогда как зажимы распределительной доски «платиновые иглы» должны быть связаны с ними. Для зарядки батареи, находящеся на распределительной доске, переключатель ставится на «зарядку», а выключатель «выпрямитель» включается, т. е. занимает перпендикулярное положение.

В то же время находящийся под выпрямителем выключатель необходимо поставить на № 2, так как аккумулятор состоит из двух элементов, которые необходимо зарядить. Если к нему добавляется элемент, то при зарядке последнего необходимо выключатель поставить на *3*.

При измерении скорости детонации, когда все подготовлено ко взрыву, производят воспламенение патронной линии нажатием кнопки — включения для взрыва.

Измерив расстояние между искрами на закопченной поверхности барабана и зная скорость его вращения и длину патрона, можно вычислить искомую скорость детонации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ ПО СПОСОБУ ДОТРИША

Испытуемое взрывчатое вещество помещается в трубку L с определенной плотностью. На точно измеренном расстоянии друг от друга вставляются два капсюля-детонатора с заправленными в них концами детонирующего шнура длиной около 91 *см*, скорость детонации которого заранее известна. Этот шнур, будучи согнут надлежащим образом, укладывается своей средней частью, по прямой линии, на свинцовой пластинке формата 10×35 *мм* и толщиной $4-5$ *мм*. При этом середина шнура должна быть как раз над меткой, сделанной перед тем на пластинке. С одного из боков патрона с испытуемым взрывчатым веществом вставляется третий капсюль с бикфордовым шнуром или электрозапалом, при помощи которого для испытания производится взрыв всей системы.

После взрыва бокового капсюля детонационная волна, дойдя до капсюля, соединенного с детонирующим шнуром, разделится на две, причем часть пойдет по детонирующему шнуру, а другая — по испытуемому патрону и, дойдя до второго капсюля, пойдет тоже по детонирующему шнуру. Таким образом, идя навстречу, детонационные волны должны будут где-то встретиться на левой половине отметки, произведенной на пластинке, причем место встречи двух детонационных волн обозначится ее пробитем. Таким образом, зная c — скорость детонации шнура, a — расстояние между двумя капсюлями с детонирующим шнуром и b — измеренное расстояние между серединой шнура и местом встречи

двух детонационных волн, можно определить искомую скорость детонации взрывчатого вещества:

$$\frac{d+b}{c}=\frac{d-b}{c}+\frac{a}{x}=\frac{2b}{c}=\frac{a}{x}$$

$$X=\frac{ac}{2b},$$

где, d — половина детонирующего шнура.

По этой формуле производят вычисление скорости детонации при определении по Дотришу.

Ниже приводим таблицу скорости детонации американских взрывчатых веществ, определенных на аппарате Метеганга (табл. 6). Состав указанных взрывчатых веществ имеется на стр. 37.

Таблица 6

Тип и сила взрывчатого вещества		Скорость детонации в *м/сек* — трубки из гальванизированного железа группы I	Скорость детонации в *м/сек* бумажные обертки группы II
Черный порох		500	—
40%-ный	кизельгур-динамит	—	2 310
75%-ный	„ „	—	4 990
20%-ный	желатин-динамит	2 140 — 3 610	1 800 — 4 680
	аммиачный желатин	2 780	2 360
	обыкновенный динамит	3 590	2 790
30%-ный	аммиачный желатин-динамит	—	3 800 — 4 660
	желатин-динамит	—	2 120 — 4 × 70
	аммиачный динамит	—	2 760
	обыкновенный динамит	—	3 600
40%-ный	аммиачный желатин-динамит	2 810 — 4 660	4 690
	желатин-динамит	2 700 — 4 900	5 230
	аммиачный динамит	3 780	3 180
	обыкновенный динамит	4 880	4 460
50%-ный	аммиачный желатин-динамит	—	5 000
	желатин-динамит	—	5 880
	аммиачный динамит	—	3 580
	обыкновенный динамит	—	5 100
60%-ный	аммиачный желатин-динамит	—	—
	желатин-динамит	2 930 — 5 610	5 620
	аммиачный динамит	4 690	6 390
	обыкновенный динамит	5 700	4 220
80%-ный	аммиачный динамит	—	6 000
	желатин-динамит	—	6 940
100%-ный	гремучий студень	7 410	7 550

ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА ЧЕРЕЗ ВЛИЯНИЕ

Сильная детонация порождает в окружающей среде механическую волну большой мощности, движущуюся со скоростью, значительно превышающей скорость звука. Ее ни в коем случае нельзя смешивать со звуковой волной. По мере увеличения расстояния, проходимого

волной, от места заряда сила ее уменьшается, и она постепенно переходит в звуковую волну.

При некотором близком расположении двух зарядов взрывчатого вещества детонация одного из них, называемого активным, может вызвать детонацию другого, называемого пассивным. Такое явление объясняется передачей удара через окружающую среду и носит название взрыва через влияние. Факторы, влияющие на взрыв пассивного заряда, следующие:

1) вес активного заряда, так как с увеличением веса увеличивается и сила детонации, т. е. мощность волны;

2) расстояние активного заряда от пассивного, так как с увеличением расстояния между зарядами сила детонации естественно уменьшится и, наоборот, при уменьшении расстояния сила будет увеличиваться;

3) среда, в которой происходит распространение взрывной волны: чем плотней среда, тем скорость прохождения ударной волны и дальность ее будет значительно более, чем в рыхлой. В этом отношении ударную волну можно отождествить с звуковой волной, которая точно так же в более плотной среде имеет большую скорость прохождения, чем в рыхлой.

Поэтому при зарядах, положенных на землю, она больше, чем при подвешенных в воздухе (привязывается к шестам). Еще лучше передаются взрывы через влияние под водой: при весе пассивного и активного зарядов динамита в 100 *кг* расстояние это оказалось в 18 *м*, тогда как оно на земле в четыре раза меньше, а в воздухе — в восемь раз меньше;

4) природа взрывчатого вещества — активного заряда, ибо в зависимости от скорости детонации активного заряда будет зависеть мощность и прохождение ударной волны, и тем дальше она будет, чем больше будет скорость разложения взрывчатого вещества при прочих равных условиях;

5) материал оболочек пассивного заряда сильно влияет на передачу, так при зарядах в металлических оболочках расстояние передачи увеличивается вдвое сравнительно с таковым при зарядах без оболочек и, наоборот, деревянные оболочки толщиной 2—2½ *см* уменьшают его вдвое.

Для точного расчета и определения предельного веса одновременно взрываемых зарядов на поверхности служит эмпирическая формула безопасных предельных расстояний: $S=K\sqrt{P}$, где S — расстояние в метрах, K — коэфициент силы взрывчатых веществ, принимаемый правилами НКТ за 16,6, а P — заряд взрывчатого вещества в килограммах. Эта формула справедлива лишь для средних значений P; для больших же величин K приходится уменьшать, для меньших увеличивать и притом весьма значительно.

СОСТАВ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ВЗРЫВЕ

С точки зрения безопасности взрывных работ в подземных выработках вопрос о составе газообразных продуктов взрыва имеет весьма важное значение, так как образующиеся ядовитые газы при взрыве являются одной из причин несчастных случаев, отравления работающих. В связи с этим знание точного состава применяемого взрывчатого

вещества, а также и состава газов, выделяемого им при взрыве, является настоятельно необходимым для каждого работающего в этой области. Взрывчатые вещества способны разлагаться, в зависимости от условий, не по одному, а по нескольким направлениям. Это обстоятельство особенно важно учесть, так как условия взрывчатого разложения в шпуре могут меняться, т. е. плотность заряжания, первоначальный, импульс, гравиметрическая плотность, высота забойки и другие факторы влияют на ход реакции взрывчатого разложения, а следовательно и на состав газов, образующихся при взрыве.

Разнообразием реакции разложения взрывчатого вещества может служить аммиачная селитра.

Согласно исследованию Бертелло она может дать следующие пять различных видов разложения:

I. $NH_4NO_3 = HNO_3 + NH_3 - 41,3$ *кал* (идет при слабом нагревании).

II. $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O + 10,2$ *кал* (идет при слабом нагревании до плавления).

III. $NH_4NO_3 = 0,5\ N_2 + NO + 2H_2O + 9,2$ *кал* (идет при слабом нагревании до плавления).

IV. $NH_4NO_3 = 0,75N_2 + 0,5NO_2 + 2H_2O + 29,5$ *кал* (идет при быстром и сильном нагревании до 400—500°—разложение со взрывом).

V. $NH_4NO_3 = N_2 + 0,5O_2 + 2H_2O + 30,7$ *кал*

Основной причиной разнообразия реакции взрывчатого разложения в этом случае являются исключительно интенсивность и скорость нагревания. Взрывчатые вещества в отношении газообразных продуктов разложения делятся на две группы:

1) Вещества, молекулы которых содержат достаточное количество кислорода, для того чтобы весь углерод превратить в углекислоту, весь водород — в воду, причем, как указано выше, в продуктах взрыва в этих случаях выделяются углекислота, вода и азот.

Количество окиси углерода, могущей образоваться в этом случае при достаточном содержании кислорода в молекуле, так ничтожно, что в отношении токсикологического действия оно не может приниматься во внимание.

2) Взрывчатые вещества, содержащие недостаточное количество кислорода и не могущие весь углерод и водород целиком перевести в углекислоту и воду. В силу этого образуются равновесия, зависящие в значительной степени от температуры взрыва и скорости охлаждения между углекислотой, водородом, окисью углерода и водой. На эти равновесия при взрыве влияет также образование метана в тех случаях, когда взрывчатые вещества по каким-либо причинам (вследствие преждевременного воспламенения, неправильного заряжания, недостаточной мощности инициального импульса и в силу разных других причин) не детонируют полной детонацией, происходит дефлаграция и холостые выпалы. Количество окислов азота естественно зависит от соотношения между взрывной (детонирующей) и медленно горящей (холостой выпал) частью взрывчатого вещества. В случае полного холостого выпала в динамитах наблюдалось образование до 48% окислов азота. Теоретически же при правильном сгорании взрывчатого вещества и после его детонации должны выделяться только азот, углекислый газ и водяные пары.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ВРЕДНОСТЬ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВЧАТОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Вдыхание азота, метана и водорода не оказывает вредного действия, за исключением тех случаев, когда большое процентное содержание этих газов в воздухе уменьшает процентное содержание кислорода до опасного предела. Кроме того, воздух, содержащий 4,9—15% метана или 4,1—74% водорода, легко воспламеняется, образуя гремучую смесь.

При содержании в воздухе более ½% углекислого газа становится трудно работать, при содержании 10% вызывается удушье.

Окись углерода CO является одним из наиболее ядовитых газов и фактически всегда находится в числе газообразных продуктов взрыва. Она без запаха, вкуса и цвета, почему применение косвенных методов ее обнаружения особенно необходимо. При вдыхании окись углерода отнимает кислород от оксигемоглобина крови и вызывает удушье. Высший предел содержания окиси углерода в шахте не должен превышать 0,02%, 0,5% уже является смертельной дозой при вдыхании в течение короткого времени. Исследования показали, что уже 0,02% насыщают 16 — 20% гемоглобина крови на протяжении шести часов, а 0,04% дают тот же эффект в течение одного часа. Вообще нужно отметить, что отравляющее действие окиси углерода кумулятивно, и человек, долго работающий в атмосфере с небольшим количеством окиси, в конечном итоге пострадает так же, как при работе в течение более короткого времени, но в атмосфере с бо́льшим содержанием окиси.

Действие CO на организм человека в состоянии покоя дано в нижепомещаемой таблице (табл. 7).

Таблица 7

Концентрация CO в процентах в воздухе	Признаков отравления не обнаруживается	Симптомы слабого отравления (слабая головная боль и др.)	Сильное отравление: головная боль в области лба, тошнота и обморочное состояние
	часы	часы	часы
0,02	4—5	5—6	—
0,03	2	3—4	4—5
0,04	1—1,5	1,5—2,5	2,5—4
0,05	1	1,2	2—3
0,06	0,75	0,75—1,5	1,5—2
	минуты	минуты	минуты
0,08	20	30—40	40—80
0,10	10	10—30	30—60
0.15	3	3—1,5	15—45

Что касается кислорода O_2, то отмечены случаи недомогания при падении процентного содержания его в воздухе до 13%; содержание его в количестве всего 7% уже вызывает бессознательное состояние.

Сернистый газ SO_2 раздражает дыхательные пути и слизистые оболочки глаз, носа и горла. Вполне точных данных о предельных дозах газа, являющихся смертельными, не имеется, но из данных Каписа и Каца можно вывести заключение, что содержание SO_2 больше 0,2% невыносимо для человека более одной минуты, от 0,05% является опасность острого отравления за $1^1/_2$—2 часа и 0,1% является уже смертельным.

Сероводород H_2S при значительном содержании в воздухе легко обнаруживается по запаху; однако при содержании в большой дозе он действует парализующе на обонятельные нервы и может быть незамеченным. Кроме того запах сероводорода может маскироваться запахом сернистого газа. Исследования Сайерса показали, что содержание H_2S в количестве 0,06% уже вызывает явление коллапса и потерю сознания через 2 — 15 минут. По мнению указанных авторов, H_2S является еще более ядовитым, чем окись углерода.

Окислы азота N_2O_4 (NO_2) обнаруживаются по запаху, раздражая дыхательные пути. При сравнительно небольшом количестве в воздухе они вызывают смерть. Окислы азота от других ядовитых газов (CO) отличаются тем, что после кажущегося выздоровления через несколько дней иногда вдруг сразу наступает смерть. Содержание 0,11% N_2O_4 немедленно вызывает тяжелое отравление, 0,07% при вдыхании в течение 30 минут вызывает уже смерть. При неполном взрыве или сгорании динамита обычно образуются окислы азота, дающие характерный пороховой запах.

На состав газообразных продуктов взрыва оказывают влияние возраст взрывчатого вещества, плотность его, температура, количество оболочки, влажность шнура, высота забойки, способ заряжения и воспламенения шпура и ряд других условий. Бумажная оболочка динамитных патронов и парафин оболочки гризутинов, а также и аммиачноселитровых взрывчатых веществ можно рассматривать как добавочную составную часть взрывчатого вещества. Если при этом кислородный баланс у взрывчатого вещества будет отрицательный, они безусловно будут отрицательный, они безусловно будут сгорать в окись углерода.

Углерод в продуктах взрыва бывает в виде углекислого газа, окиси углерода и метана, и отношение окиси углерода к общему количеству этих трех газов дает относительное количество окиси углерода, образуемого взрывчатым веществом.

Образование дыма при взрыве не находится в связи с выделением газов, которые в большинстве бывают бесцветны.

Немаловажную роль на образование газообразных продуктов взрыва оказывают влияние при взрывных работах составные части горнодобываемой породы. Например при работе в известняках под влиянием температуры возможны разложение известняка и выделение некоторого количества углекислого газа, который увеличит соответственно процент этого газа и в продуктах взрыва и при работе в породе, содержащей сернистые соединения. При подрывных работах в таких массивах образуется большое количество сернистого газа и опасное количество сероводорода. Кроме того опасность образования больших количеств сернистых газов увеличивается еще возможностью взрыва серной пыли, взметающейся воздушной волной первого взрыва и загорающейся от последующих взрывов.

Сероводород в присутствии сернистого газа и воды разлагается по реакциям:

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

Ниже мы приводим состав газообразных продуктов взрыва взрывчатых веществ и их химический состав, исследованные в американском «Bureau of Mines» (табл. 8 и 9).

Таблица 8

Средний химический состав исследованных взрывчатых веществ

Тип взрывчатого вещества и его сила, выраженная в процентах	Общее число образцов	Средний химический состав, выраженный в %								
		влажность	нитроглицерин	пироксилин	сера	аммиачная селитра	натровая селитра	стабилизатор	углерод горючее вещество	обертка на 100, в/в *г*
Черный порох	1	—	—	—	11	—	73	—	16	—
40%-ный кизельгур	1	0,6	35,6	—	—	—	—	30,3	—	6,0
75%-ный „	1	0,4	74,6	—	—	—	—	3,6	—	6,0
20%-ный: желатии-динамит	8	0,9	20,2	0,4	8,2	—	60,3	1,5	8,5	4,0
20%-ный: аммиачный динамит	8	0,8	12,0	—	6,7	11,8	57,3	1,2	10,2	7,0
20%-ный: обыкиовенный диамит	8	0,9	20,2	—	2,9	—	59,3	1,3	15,4	5,5
30%-ный: аммиачный желатин-динамит	3	1,5	22,9	0,3	7,2	4,2	54,9	0,7	8,3	4,0
30%-ный: желатин-динамит	4	1,0	25,4	0,5	6,1	—	56,4	1,2	9,4	4,0
30%-ный: аммиачный динамит	4	0,8	12,6	—	5,4	25,1	46,2	1,1	8,8	7,0
30%-ный: обыкновенный динамит	4	1,0	29,0	—	2,0	—	53,3	1,0	13,7	5,5
Аммиачный желатин-динамит	7	1,4	26,2	0,4	3,6	8,0	49,6	0,8	8,0	4,0
Желатин-динамит	8	0,9	32,0	0,7	2,2	—	51,8	1,2	11,2	4,0
Аммиачный динамит	8	0,7	16,5	—	3,6	31,4	37,5	1,1	9,2	7,0
40%-ный обыкиовенный динамит	8	0,9	39,0		—	—	45,5	0,8	13,8	5,5
50%-ный: аммиачиый желатин-динамит	3	1.6	29.9	0,4	3,4	13,0	43,0	0,7	8,0	4,5
50%-ный: желатин-динамит	4	1,0	40,0	0,8	1,3	—	45,6	1,2	10,0	4,0
50%-ный: аммиачный динамит	4	0,9	16,7	—	3,4	43,1	25,1	0,8	10,0	7,0
50%-ный: обыкновеиный динамит	4	0,9	49,0	—	—	—	34,4	1,1	14,6	5,5
60%-ный: аммиачный желатин-динамит	3	1,7	35,3	0,7	—	20,1	33,5	0,8	7,9	4,5
60%-ный: желатин-диiамит	8	0,9	49,6	1,2	—	—	38,9	1,1	8,3	4,0
60%-ный: аммиачный диiамит	8	0,7	22,5	—	1,6	50,3	15,2	1,1	8,6	7,0
60%-ный: обыкновениый диамит	8	1.2	56,8	—	—	—	22,6	1,2	18,2	6,0
80%-й: аммиачный желатин-дииамит	3	1,8	38,3	0,9	—	34,7	19,1	0,9	4,3	4,5
80%-й: желатии-дииамит	4	0,7	65,4	2,6	—	—	19,5	1,7	10,1	4,0
100%-ный гремучий студень	4	0,1	91,0	7,9	—	—	—	0,8	0,2	5,0

Таблица 9

Средний состав газообразных продуктов взрыва

Тип взрывчатого вещества и его сила, выраженная в процентах	Средний состав газов в литрах на 1 *кг* взрыв. веществ							
	CO_2	CO	H_2	CH_4	N_2	H_2S	общее колич.	общее колич. ядовитых газов
Черный порох	164,3	35,7	5,9	2,0	93,8	28,6	330,3	64,3
40%-ный кизельгур	139,2	78,6	29,7	6,8	59,3	—	313,6	78,6
75%-ный „	209,3	96,9	45,2	4	118,5	—	470,3	96,9
20%-ный желатин-динамит	140,7	5,9	3,5	—	112,3	2,4	264,8	8,3
20%-ный аммиачный динамит	123,8	23,1	22,0	0,4	128,6	11,9	309,8	35,0
20%-ный обыкновенный динамит	124,7	35,2	26,6	0,4	115,9	4,4	307,2	39,6
30%-ный аммиачный желатин-динамит	145,8	5,7	4,4	0,4	122,5	2,6	281,4	8,3
30%-ный желатин-динамит	152,6	6,2	4,6	0,2	115,2	3,5	282,3	9,7
30%-ный аммиачный динамит	118,3	20,0	26,8	0,7	152,0	9,3	327,1	29,3
30%-ный обыкновенный динамит	137,9	35,9	29,5	0,4	120,3	4,8	328,8	40,7
40%-ный аммиачный желатин-динамит	150,7	7,0	4,0	0,4	131,1	4,0	297,2	11,0
40%-ный желатин-динамит	153,1	14,5	9,9	—	120,9	1,3	299,7	15,8
40%-ный аммиачный динамит	116,7	35,5	43,6	0,4	163,0	6,6	365,8	42,1
40%-ный обыкновенный динамит	137,0	74,2	56,4	—	122,9	—	390,5	74,2
50%-ный аммиачный желатин-динамит	150,2	6,4	6,2	0,2	138,5	1,8	303,3	8,2
50%-ный желатин-динамит	165,0	15,4	11,2	0,9	124,2	1,8	318,5	17,2
50%-ный аммиачный динамит	125,3	44,7	61,0	0,4	176,7	0,3	417,4	54,0
50%-ный обыкновенный динамит	147,4	122,7	97,1	—	124,7	—	491,9	122,7
60%-ный аммиачный желатин-динамит	156,8	12,1	12,1	0,2	157,3	0,4	338,9	12,5
60%-ный желатин-динамит	133,0	21,6	13,7	0,2	130,0	—	348,5	1,6
60%-ный аммиачный динамит	141,4	56,8	70,0	—	193,0	6,2	463,3	58,0
60%-ный обыкновенный динамит	148,5	197,4	148,0	2,6	119,8	—	616,3	197,4
80%-ный аммиачный желатин-динамит	168,9	17,4	19,4	0,2	180,4	0,7	387,0	18,1
80%-ный желатин-динамит	186,8	117,8	82,6	0,4	130,8	—	518,4	117,8
100%-ный желатин-студень	244,9	105,5	61,7	—	143,2	—	555,3	105,5

Из приведенных анализов видно, что с увеличением процента содержания нитроглицерина, увеличивается процент окиси углерода, а аммиачные желатинированные динамиты и желатин-динамиты производят наименьшее количество окиси углерода. Вырабатываемые по ОСТ 680 динамиты отличаются в составе от американских главным образом отсутствием серы. Далее мы приводим состав газовых продуктов взрыва аммонитов и их химический состав, исследованных в Макеевском научноисследовательском институте (табл. 10).

Таблица 10

Химический состав в процентах (объемный)

Наименование образцов	Тротил кристаллический	Тротил плавленый	Тротил некристаллический	Аммиачная селитра	Алюминий	Нерастворимые остатки	Влажность
Образец № 1	12,02	—	—	87,9	—	0,05	0,04
„ № 2	—	12,95	—	86,94	—	0,01	0,12
„ № 3	9,52	—	—	87,37	3,03	—	0,04
„ № 4	9,36	—	—	85,2	5,36	—	0,05
„ № 5	—	—	16,43	82,96	—	0,06	0,54
„ № 6	6,0	—	8,25	85,38	—	0,04	0,26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА ЯДОВИТЫХ ГАЗОВ В ПРОДУКТАХ ВЗРЫВА

Испытание аммонитов производилось в бомбе Бихеля емкостью 49,25 *л* при соблюдении следующих условий:

1) навеска аммонита бралась в размере 100 *г*; 2) подрывание производилось гремучертутнотетриловым капсюлем № 8; 3) разрежение воздуха в бомбе до 50 *мм* ртутного столба; 4) патрон делался из бумаги, причем вес его равнялся 2,2 *г*; 5) объем газов высчитан при воде жидкой.

Результаты испытаний приведены в нижеследующей таблице (табл. 11).

Таблица 11

Наименование газов в продуктах взрыва	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5	Образец № 6
Углекислого газа	29,2	30,3	26,5	25,6	31,0	30,1
Кислорода	1,8	0,7	2,4	1,2	0,4	0,6
Азота	68,9	68,5	70,7	73,8	63,2	68,4
Непредельных углеводородов	0,25	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3
Двуокиси азота	0,21	0,1	0,1	0,1	0,12	0,4
Метана	—	—	—	—	1,1	—
Водорода	—	—	—	—	1,6	—
Окиси углерода	—	—	—	—	1,6	—
Нормальный объем газов при воде жидкой в литрах от 680 *г* взрывчатых веществ	274,2	279,7	268,6	263,7	295,7	281,2
Нормальный объем ядовитых газов в литрах от 680 *г* в. в.	0,6	0,3	0,25	0,25	4,8	1,1

У всех образцов аммонита ядовитыми газами в продуктах взрыва является окись азота, а в аммоните образца № 5 помимо окиси азота как ядовитый газ находилась и окись углерода.

Самое большое количество ядовитых газов дает образец аммонита № 5.

Интересно далее отметить, что при увлажнении аммонитов до 5% состав газообразных продуктов взрыва резко меняется и происходит увеличение процента окислов азота, вследствие недостаточно полного разложения их. Доказательством этому служит неполный взрыв патрона.

Основываясь на изложенном, необходимо при выборе того или иного взрывчатого вещества, а также и при палении учитывать следующее.

1. Кислородный баланс взрывчатого вещества, являющийся одним из основных факторов, влияющих на образование окиси углерода, не должен быть отрицательным.

2. Обеспечение полноты взрывчатого разложения, учтя при этом все факторы, которые на нее влияют, ибо неполное разложение (дефлаграция — холостой выпал) влечет за собой образование окиси азота и углерода.

3. Удалять излишние и пропарафинированные оболочки с патронов взрывчатого вещества, влекущие к увеличению образования окиси углерода и обычно не учитывающиеся в кислородном балансе.

4. Забойку шпуров необходимо применять всегда, обеспечив ее крепость, чем достигается не только уменьшение образования окиси углерода, но и повышение эффекта взрыва.

5. Учитывать возможность образования газов в зависимости от той породы, в которой производятся взрывные работы.

Весьма существенную и основную роль в борьбе с выделяющимися ядовитыми газами играет правильно поставленная вентиляция, ибо даже в случае отсутствия ядовитых газов, углекислоты и азота понижается нормальный процент кислорода, что также ведет к возможности отравления.

Данные анализа продуктов взрывчатого разложения, получаемые в бомбе Бихеля, по американским данным, существенно отличаются от практических данных при анализе.

Американские источники указывают, что в бомбе Бихеля, как правило, получается большее количество ядовитых газов, чем при практическом испытании в забое, частью благодаря тому, что водяные пары диссоциируют, увеличивая таким образом процент водорода, а кислород переходит в CO и CO_2. Причина таких разноречий в показаниях заключается в том, что в бомбе Бихеля падение давления и температуры менее быстро, чем в шпуре, а плотность заряжания в бомбе значительно меньше, чем при взрыве в шпуре. Если например в шпуре плотность заряжания достигает 0,80, то в бомбе Бихеля — 0,01, т. е. сила взрывчатого вещества занимает 0,01 объема, в котором испытывается это вещество. С увеличением плотности заряжания, как правило, уменьшается процентное содержание окиси углерода и водорода и увеличивается процентное содержание углекислоты.

При этом огромное значение имеет давление, резко изменяющее направление реакции взрывчатого разложения, что известно из классической литературы по взрывчатым веществам. По данным американской литературы окиси углерода во влажных шпурах образуется меньше, чем в шпурах сухих.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА В ШАХТАХ, ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ И ПЫЛИ

Одной из основных причин, вызывающих воспламенение гремучего газа или каменноугольной пыли в шахтах, является применение взрывчатых веществ. Статистика причин, вызывающих воспламенение газа или пыли на рудниках Франции за период с 1888 по 1924 гг., указывает, что 80% случаев взрыва были вызваны применением взрывчатых веществ. За период 1910 — 1921 гг. на рудниках Германии также происходило по 37 таких взрывов в год.

В рудниках негазовых, но опасных по каменноугольной пыли, взрывчатые вещества являются единственной причиной, могущей вызвать воспламенение пыли. Поэтому естественно, что задача выбора взрывчатого вещества, удовлетворяющего условиям его безопасного применения в взрывоопасной атмосфере, чрезвычайно сложна.

В настоящее время во всех странах, в том числе и у нас, «безопасными» взрывчатыми веществами считаются только те, которые при испытании их в штольне путем взрыва определенного заряда, помещаемого в стальную мортиру, не дают воспламенения гремучего газа и каменноугольной пыли. При этом максимальная величина такого заряда, не воспламеняющего горючую атмосферу штольны, называется «предельным зарядом». Можно с очевидностью утверждать, что безопасных взрывчатых веществ, т. е. неспособных воспламенять гремучий газ или каменноугольную пыль нет, но при определенных условиях одни взрывчатые вещества будут лишь менее опасны, чем другие, и безопасными они являются только лишь при некоторых условиях их применения.

Как мы уже сказали, взрывоопасная атмосфера некоторых шахт может быть либо благодаря наличию газа метана, образующего с воздухом гремучую смесь и взрывающегося при температуре 650°, либо благодаря каменноугольной пыли с содержанием летучих веществ свыше 10%. Присутствие метана (даже в небольших количествах) повышает взрывчатые свойства пыльного облака, а быстрое перемещение частиц пыли и тепла в облаке влечет увеличение скорости его воспламенения.

Для наиболее ясного и отчетливого представления процессов, происходящих при взрыве предохранительного взрывчатого вещества в рудниках, опасных по газу или пыли, необходимо иметь в виду, что при взрывчатом разложении имеют место два рода реакции: 1) собственно взрывные реакции, во время которых происходит разложение взрывчатого вещества, вызываемого ударом взрывной волны, с образованием элементов распада молекул его, как-то: N_2, H_2, а также и окислов H_2O, CO_2, CO, и 2) остаточные реакции, представляющие собой процесс взаимодействия образовавшихся продуктов взрыва между собой.

Собственно взрывная реакция не зависит от условий взрыва, т. е. остается неизменной как при взрыве на открытом воздухе, так и в шпуре под забойкой или без нее. Остаточные же реакции развиваются в зависимости от условий взрыва, причем они могут или закончиться или остаться незаконченными. Основными факторами, обусловливающими

ход остаточных реакций, являются температура и условия расширения газов, участвующих в этих реакциях.

Скорость остаточных реакций будет различна для разных взрывчатых веществ в зависимости от их состава и физико-химических свойств.

Охлаждение продуктов разложения в течение хода остаточных реакций вызовет замедление их и увеличение содержания продуктов неполного окисления — CO, NO_2, свободного водорода и углерода.

Теоретическое обоснование для выбора предохранительных взрывчатых веществ было дано в 1888 г. французскими исследователями Молльером и ле Шателье. Они установили предельную температуру допускаемых для паления взрывчатых веществ 2200°, по которой только и судили о безопасности применения. Дальнейшие же исследования в этой области показали, что эти условия недостаточны и что при разложении взрывчатых веществ мы имеем дело с многочисленными сложными факторами, влияющими на степень безопасности применения взрывчатых веществ в взрывоопасной атмосфере.

Основными факторами, влияющими на безопасное применение, являются состав взрывчатого вещества, скорость детонации, бризантность, температура продуктов взрыва, длина и продолжительность их пламени.

Основной составной частью предохранительных взрывчатых веществ является аммиачная селитра, со свойствами которой мы ранее уже познакомились. Она в очень слабой степени детонирует от капсюля-детонатора и обладает большой гигроскопичностью, благодаря чему взрывчатые вещества, содержащие аммиачную селитру, в таком состоянии переуплотняются, а иногда дают неполные взрывы. При таком неполном взрыве, благодаря медленному охлаждению газообразных продуктов, возможно воспламенение гремучего газа или каменноугольной пыли. Калиевая селитра по сравнению с аммиачной является значительно опасней, так как разложение ее во время взрыва происходит медленнее, чем в аммиачной, в связи с замедленным выделением кислорода, содержащегося в калиевой селитре, и отсюда, как следствие — замедление остаточных реакций разложения взрывчатого вещества.

Чем больше нитроглицерина во взрывчатом веществе, тем лучше оно детонирует и тем меньшая опасность его фугасного действия.

При этом необходимо иметь в виду, что значительное увеличение процентного содержания нитроглицерина влечет за собой увеличение не только скорости детонации, но и температуры взрыва, ограниченной у нас пределом 2200°.

Присутствие в составе взрывчатого вещества инертных солей, как поваренная соль, мел, хлористый калий, способствует понижению температуры взрыва вследствие затраты значительной части тепла на их разложение. Десятипроцентное содержание таких солей влечет за собой также уменьшение скорости детонации.

В силу этого эти соли безусловно играют положительную роль в смысле антигризутности, но содержание их во взрывчатом веществе может быть положительно только лишь до определенного передела, за которым резко понижается чувствительность к детонации и вызывается дефлаграция со всеми вытекающими отсюда последствиями. Применение таких солей в предохранительные взрывчатые вещества имеет большое распространение в Англии и Британии.

К числу других применявшихся компонентов следует отнести также некоторые органические примеси, как растительная, зерновая или древесная мука, крахмал и т. п. Примешивание указанных примесей влечет за собой увеличение скорости детонации и увеличение температуры взрыва. Кроме этого кислород, освобождающийся от разложения аммиачной селитрой, тратится на сжигание этих органических веществ и влечет за собой недостаток кислорода в продуктах взрывчатого разложения, в силу чего образуются низшие окислы углерода, азота, а также метан и водород. Указанные органические примеси также будут оказывать большое влияние и на ход остаточных реакций при взрыве, замедляя их. Следовательно при употреблении взрывчатого вещества с большой скоростью детонации остаточные реакции могут происходить вне шпура, вызывая воспламенение гремучего газа или пыли. В связи с этим опасность воспламенения взрывоопасной атмосферы при палении взрывчатым веществом будет тем меньше, чем быстрее будет скорость остаточных реакций и чем быстрее и больше будут охлаждены продукты взрыва, вступающие в контакт с атмосферой.

Как мы уже ранее отметили, одним из факторов, влияющих на безопасность паления, являются длина и продолжительность пламени.

Пламя может быть весьма разнообразным не только для разных взрывчатых веществ, но даже для одного и того же вещества.

Характер, продолжительность и длина пламени будут зависеть от скорости охлаждения продуктов взрыва, состава их и того давления, с которым они выходят в атмосферу.

Скорость охлаждения продуктов взрыва повидимому будет тем больше, чем меньше масса продуктов взрыва (зависит от веса заряда), чем ниже температура их и чем меньше продолжительность реакции взрывчатого разложения.

Состав продуктов взрыва находится в прямой зависимости с продолжительностью пламени; чем больше продукты взрыва содержат горючих газов, тем больше продолжительность пламени.

На фиг. 11, *a* заснято пламя при взрыве заряда черного пороха (весом 100 *г*), взорванного в стальной мортире под забойкой в 45 *г*. Очень большое и продолжительное (около 1 секунды) пламя черного пороха объясняется небольшой скоростью его взрывчатого разложения (300—400 *м/сек*) и медленным охлаждением продуктов взрыва.

a *b*

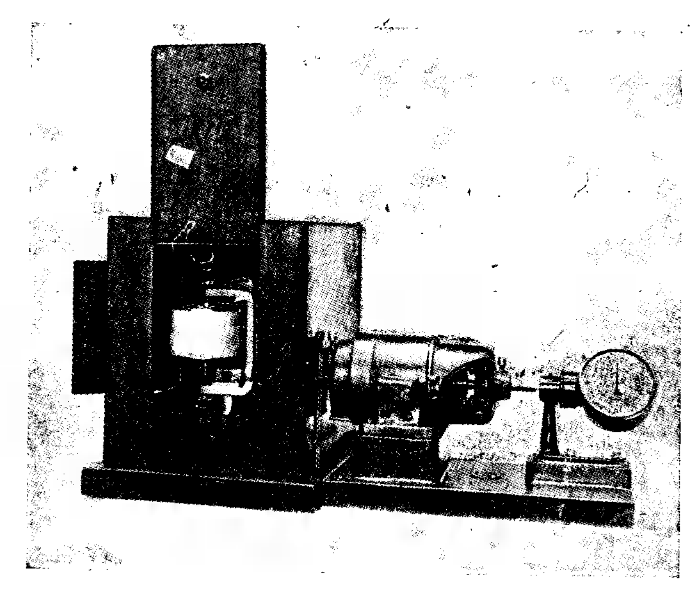
Фиг. 11. Фотография пламенного взрыва заряда.

a—взрыв заряда черного пороха, *b*—40%-ного динамита.

Сравнивая черный порох с температурой взрыва 2400—2750°с 40%-ным динамитом (фиг 11, *b*) имеющим температуру взрыва 2600°, убеждаемся, что первый гораздо опаснее последнего. На фиг. 11, *b* изображено пламя, полученное при палении этого динамита весом заряда 227 *г* в стальной мортире под забойкой в 12 *г*.

При наличии забойки в канале вторичное пламя в мортире обычно исчезает, а при достаточной высоте забойки исчезает и первичное пламя.

Следовательно наличие забойки в данном случае способствует не только более полному разложению взрывчатого вещества и ускорению остаточных реакций, но и охлаждению продуктов взрыва непосредственно путем отнятия от них части потенциальной и кинетической энергии. Определение длины и продолжительности пламени взрывчатого вещества производится следующим образом: в темной камере производится выстрел из стальной мортиры, помещенной в вертикальном положении, позади которой имеется шкала измерения. В то время, когда производится взрыв заряда, помещенного в стальную мортиру, посредством камеры с кварцевыми стеклами делается снимок на светочувствительной пленке, натянутой на барабан (фиг. 12). Кварцевые стекла употребляются



Фиг. 12. Аппарат для фотографирования длины и продолжительности пламени.

благодаря восприятию ультрафиолетовых лучей, находящихся в жарком пламени. Длина пламени определяется посредством снимка на пленке, натянутой на неподвижный барабан. Для определения длительности пламени барабан заставляют быстро вращаться при помощи мотора, причем, достигнув желательного числа оборотов в минуту, взрыв производится электричеством и длительность пламени можно вычислить по длине изображения его на пленке. Скорость вращения барабана отмечается имеющимся направо тахометром.

Таким образом к предохранительным взрывчатым веществам, допускаемым к палению в шахтах, опасных по газу или пыли, предъявляются следующие основные требования:

1) обладание низкой температурой продуктов взрыва;

2) большое содержание в них инертных CO_2, N_2 и др. и отсутствие горючих газов. Этому условию скорее будут удовлетворять взрывчатые вещества, содержащие кислород в достаточном количестве для полного окисления углерода и водорода;

3) достаточная скорость детонации и наибольшая скорость остаточных реакций;

4) наименьшая гигроскопичность, потому что повышенное содержание влажности содействует уменьшению детонационной способности и вызывает дефлаграцию;

5) обладание не слишком высокими бризантными свойствами, ибо взрывчатые вещества с высокими бризантными свойствами будут в этом случае более опасны, вызывая сильное дробление угля в частях, прилегающих к стенкам шпура, и большое количество каменноугольной пыли, могущей легко воспламениться, особенно если учесть, что температура продуктов взрыва обычно повышается с увеличением бризантных свойств взрывчатых веществ. Применение таких взрывчатых веществ при палении по углю и в слабых породах невыгодно и по экономическим соображениям, так как дробящее действие заряда таких взрывчатых веществ понижает практический эффект взрыва, уменьшая количество отбиваемого угля и увеличивая количество пыли.

Меры предосторожности, которые нужно считать обязательными при палении взрывчатых веществ в горючей атмосфере, должны сводиться к следующим:

1. Употреблять минимальный заряд, достаточный для разрыва массива в зависимости от крепости породы и расстояния от центра заряда до свободной поверхности массива, но не от глубины шпура.

2. Стремиться к тому, чтобы патроны были наибольшего диаметра (50—60 *мм*), а длина заряда — наименьшая, так как при этом не только увеличивается скорость детонации, но уменьшается и абсолютная продолжительность реакций разложения взрывчатого вещества. Поэтому как по соображениям безопасности, так и экономическим важно увеличивать диаметр шпура и патронов.

3. Подвергать шпуры тщательной чистке перед заряжанием от угольной пыли, чтобы частицы породы или угля не попадали в промежуток между патронами.

4. Удалять излишнюю парафинированную оболочку.

5. Во избежание уменьшения скорости детонации применять капсюль достаточной силы, наиболее выгодный для данного взрывчатого вещества.

6. Так заряжать шпур, чтобы плотность заряжания была близка к практической плотности самого взрывчатого вещества, т. е. избегать значительных пустот во взрывной камере.

7. Употреблять только сухие патроны с минимальным содержанием влаги и не допускать условий, при которых патроны аммиачноселитровых взрывчатых веществ могут отсыреть в шпуре (мокрая бурка или забойка).

8. Следить, чтобы обязательно была забойка, причем высота ее должна быть наибольшей, насколько позволяет глубина шпура, и во всяком случае не меньше длины заряда. Материалом для нее могут служить сухая инертная пыль, сухой мелкий песок и сухой молотый мел.

9. Нельзя заряжать шпуры, из которых выделяется рудничный газ.

10. Нельзя производить паление шпуров, если в расстоянии ближе 20 *м* от места их заложения находится неубранный добытый уголь или еще какое-либо нагромождение, заграждающее выработку более чем на $^1/_3$ поперечного сечения последней, так как продукты взрыва, выйдя из шпура под небольшим давлением, в случае их сжатия будут повышать температуру. При сжатии воздуха до 60 *ат* температура его поднимется до 650°, а давление в 200 *ат* повышает температуру уже до 1000° и более, в связи с чем может быть превышен предел воспламеняемости рудничного газа.

11. Перед взрывом необходимо тщательно исследовать воздух в отношении содержания рудничного газа и пыли всех выработок на протяжении не менее 20 *м*, по которым к месту нахождения шпуров поступает свежий воздух. В случае обнаружения $1^1/_2$% и свыше рудничного газа или же осевшей на почве и кровле больших выработок угольной пыли взрывание шпуров можно производить только лишь после понижения процента содержания рудничного газа и принятия соответствующих мер по обезвреживанию пыли — осланцеванием или орошением.

Орошение необходимо производить при достаточном давлении воды, так чтобы вся пыль была превращена в грязь. При недостаточном давлении воды полного смешения пыли с водой достигнуть трудно, и орошение не даст достаточной гарантии безопасности. В этом случае лучше производить осланцевание выработок. Все же орошение необходимо признать более действительной мерой нейтрализации, а потому следует стремиться проводить его везде, где это возможно.

Орошение необходимо производить по всему периметру выработки на протяжении не менее 10 *м* от шпуров во все стороны, причем зона орошения должна увеличиваться с увеличением числа и веса отдельных зарядов.

Осланцевание выработок менее удобно, чем орошение, так как, с одной стороны, нейтральная пыль загрязняет уголь, а с другой — осланцевание создаст затруднения, особенно при малой мощности пласта, в самом процессе выполнения и в контроле над тщательностью нейтрализации каменноугольной пыли.

Нейтральная пыль должна быть насыпана непосредственно около бурок по всей периферии выработки в количестве не менее 2—3 *кг* на погонный метр выработки, в зависимости от ее сечения и степени запыленности последней.

Особенно опасными местами в отношении пыли нужно считать глухие забои подготовительных выработок, производимых по углю, так как в таких местах воспламенение пыли может произойти скорее, чем в очистном забое, а при достаточной длине выработки и распространение взрыва также более вероятно в первом случае, чем во втором.

Поэтому в глухих забоях с каменноугольной пылью меры предосторожности при палении должны производиться особенно тщательно.

12. Во избежание попадания в атмосферу пыли или газа, искр и пламени палепие шпуров в газовых или пыльных шахтах может быть только электрическое.

13. Независимо от орошения или осланцевания внешней забойки при палении необходимо применение инертной пыли в количестве не менее 1,5 *кг* на каждую бурку. На фиг. 13 показан вид внешней забойки.

Инертная пыль внешней забойки после взрыва взвешивается в воздухе, смешивается с каменноугольной пылью выходящими продуктами взрыва из шпура, значительно понижая их температуру и тем самым уменьшает опасность взрыва.

14. Применять в шахтах, опасных по газу или пыли, только лишь те взрывчатые вещества, которые допущены Правилами безопасности НКТ СССР, согласно нижеприводимой табл. 12.

Таблица 12

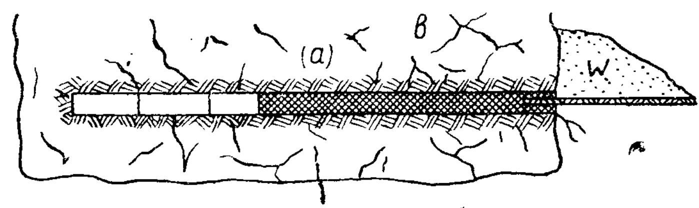
Список предохранительных взрывчатых веществ, допущенных к применению в шахтах, опасных по газу или пыли.

№№ п/п.	Наименование взрывчатых веществ	Состав взрывчатого вещества	Место применения	Условия применения	Температура взрыва	Примечание
		Нитроглицериновые взрывчатые вещества				
1	Гризутин слабый	Нитроглицерин 11,76% Коллодионный хлопок 0,2—0,24% Аммиачная селитра 86—88% Сода или мел 0—1%	При работе по углю и пустой породе	Предельный заряд 800 *г* Гремучертутнотетриловый капсюль-детонатор № 8	1450°	Перед применением патроны разминать в руках и сдирать верхнюю парафинированную бумажную оболочку
2	Гризутин сильный	Нитроглицерин 29—30% Коллодионный хлопок 0,8—1% Аммиачная селитра 69—69,5%	При работе по пустой породе	То же	1950°	
3	Гризутин средний	Нитроглицерин 19,6—20% Коллодионный хлопок 0,4—0,8% Аммиачная селитра	То же	То же	1700°	То же
		Аммиачноселитренные взрывчатые вещества				
4	Состав Фавье № 2	Аммиачная селитра 95,5% Тринитронафталин 4,5%	По углю и пустой породе	То же	от 270 до 2200°	То же
5	Состав Фавье № 4	Аммиачная селитра 86,8% Динитронафталин 13,2%	То же	То же		То же

Определение предельных зарядов для предохранительных взрывчатых веществ производится в так называемых испытательных штоль-

нах. Испытательная штольна представляет собой сооружение, имеющее вид штрека. В штольне помещается мортира, представляющая собой стальной цилиндр, находящийся в горизонтальном положении на тележке и имеющий центральный канал.

Принцип работы в штольне в основном сводится к следующему: особой переборкой в штольне отделяется камера, куда из газометра вводится определенное количество рудничного газа, благодаря чему атмосфера камеры может содержать любой процент газа по отношению к воздуху. В камеру также может быть введена каменноугольная пыль.



Фиг. 13. Вид внешней забойки.

Заряд исследуемого взрывчатого вещества, предварительно заложенный в мортиру, взрывается электродетонатором. В зависимости от свойств взрывчатого вещества, величины заряда и условий, при которых производится исследование, воспламенение взрывоопасной атмосферы может и не произойти.

В различных странах испытательные штольны имеют различную длину, форму и размеры поперечного сечения. У нас, в СССР, это испытание производится в Макеевском научноисследовательском институте.

Макеевский штрек для испытания взрывчатых веществ представляет собой железную штольну длиной 14,65 *м* при внутреннем диаметре 160 *см* и толщине стенок 12 *мм*. Передняя часть штольны имеет двухстворчатую железную дверь, открываемую настежь во время опытов, задняя же часть имеет днище из 19-миллиметровой стали, закрывающей ее. Днище наглухо приклепано к железному флянцу, который в свою очередь плотно надет и зачеканен на заднем конце самой штольны.

Мортира ходит на рельсах, причем вся система имеет весьма незначительный уклон. Когда мортира подкачена вплотную к днищу, она своим дульным срезом нажимает на резину и тем самым вполне надежно изолирует внутренность штрека от наружной атмосферы.

Запальные провода, идущие из наблюдательного здания, пропущены сквозь потолок штрека и своими концами свешиваются как раз против отверстия в днище. Заряженная мортира подкатывается ближе к штреку, концы проволок электродетонатора соединяются с концами запальных проводов, и тогда мортира подкатывается вплотную к днищу.

К флянцу, находящемуся внутри штольны, при помощи болтов с гайками плотно притягивается рамка из узкого полосового железа. Соприкасающиеся поверхности флянца и рамки одеты резиной. Между этими поверхностями зажимается диафрагма из прочной и плотной бумаги, так что, когда мортира подкачена вплотную к днищу, пространство между ней и днищем, называемое взрывной камерой штольны, вполне надежно изолируется от внешней атмосферы.

В потолке взрывной камеры имеются два предохранительных люка: один на расстоянии 2,11 *м* от днища, а другой на расстоянии 2 *м* от первого. Перед опытом эти люки, имеющие каждый 30 *см* в диаметре, наглухо закрываются бумагой.

Вдоль боковых стенок взрывной камеры с обеих сторон на протяжении 3,55 *м* идут четыре ряда железных полок, имеющих каждая в ширину около 15 *см* и начинающихся в расстоянии 1,1 *м* от днища. Кроме того посредине камеры непосредственно перед отверстием в днище устроена еще одна полка шириной 0,36 и длиной 1,42 *м*. По всем этим полкам рассыпается каменноугольная пыль, необходимая при опытах.

Для развевания пыли с верхних боковых полок, а равно для смешивания воздуха с метаном служит двухлопастная мешалка из толстого железа, устроенная на манер гребного лодочного винта и приводимая во вращение от руки. Длина каждой лопасти 0,58 *м*. Втулка, к которой прикреплены лопасти, сидит на нижнем конце стальной оси в расстоянии 0,35 *м* от потолка. Отверстие в потолке, сквозь которое проходит ось, снабжено сальником. Кроме того для придания надлежащей устойчивости ось пропущена сквозь две железные скобы, прикрепленных к нижней и верхней стороне потолка; чтобы облегчить вращение мешалки, отверстия в этих скобах снабжены медными вкладышами.

Рельсы, по которым ходит тележка с мортирой, расположены на участке длиной 5,25 *м* между днищем штрека и стеной вентиляторного здания. Близ стены рельсы загнуты вверх под прямым углом на высоту около 0,5 *м*. К задку мортирной тележки прикреплен чугунный блок, через который перекинут гибкий стальной тросс, прикрепленный одним своим концом к железной поперечине, а другим — к барабану воротка. Описанное устройство позволяет легко откатывать мортиру от штрека, а затем после зарядки осторожно подкатывать ее обратно к штреку. Мортира весит около 1,4 *т*, в длину она имеет 85 *см*, а в поперечнике 52 *см*; ее канал диаметром 55 *мм* имеет в длину 61 *см*.

В вентиляторном здании находятся водяной запор и газовые часы, через которые метан из газгольдера поступает в трубу, подводящую газ внутрь штрека близ пола взрывной камеры — в 40 *см* от днища. В газопроводе вне взрывной камеры близ самой стенки штрека имеется задвижка, открываемая лишь на время пуска метана. Внутри камеры метан поступает сначала в распределительную трубу, в которой на всем ее протяжении 3,5 *м* имеется сбоку большое число маленьких круглых отверстий. Через эти отверстия газ выходит в камеру. Диаметр отверстий возрастает от начала трубы, где он равен 3 *мм*, к ее концу, где он равен 7 *мм*; сделано это для обеспечения возможно равномерного поступления газа в камеру по всей длине распределительной трубы.

Для наблюдения за пламенем взрывов во время опытов служат три окна, устроенных со стороны наблюдательного здания в боковой стенке штрека. Первое окно находится на расстоянии 0,38 *м* от днища, второе — на расстоянии 1,4 *м* от первого и третье — на таком же расстоянии от второго. Окна имеют 11 × 24 *см* в свету, толщина стекол 2 *см*. Наблюдательные окна, а также полки для пыли, устроенные между диафрагмой и передним концом штрека, для работ по испытанию взрывчатых веществ не нужны.

В описанной выше штольне выясняется, пригодно ли вообще данное взрывчатое вещество для работ в пыльно-газовой атмосфере, и определяется наибольший предельный заряд, которым можно производить взрыв в пыльно-газовой атмосфере.

Указанные выше испытания Макеевский институт подразделяет на две части: общую и специальную.

Общему испытанию подвергаются все взрывчатые вещества, выдержавшие испытание баллистическим маятником, специальному же испытанию — лишь те, которые выдержали общее.

Общее испытание обнимает две серии взрывов.

Первая серия состоит из десяти взрывов: мортира заряжается каждый раз эквивалентным зарядом, т. е. таким, от которого при испытании балистическим маятником последний отклоняется на тот же самый угол, что и от стандартного заряда тринитротолуола 200 *г*. Поверх заряда закладывается 454 *г* сухой глиняной забойки, и взрыв производится в воздушно-газовую смесь, содержащую 8,0 + 0,3% метана при 25°. При испытании взрывчатых веществ, горящих медленно, подобно черному пороху, забойки берется вдвое больше, т. е. 900 *г*.

Вторая серия состоит из пяти взрывов зарядами по 680 *г* без забойки. Во взрывной камере штрека перед каждым выстрелом приготовляется воздушно-газовая смесь, содержащая 4,0 + 0,2% метана при 25°, и кроме того рассыпается еще 9 *кг* пыли, по тонкости отвечающей ситу № 100. Из этого количества пыли 8,1 *кг* рассыпается по полкам, вдоль стенок камеры и перед дулом мортиры; остальные 0,9 *кг* приводятся током воздуха во взвешенное состояние. Кроме температуры, всегда должной быть около 25°, перед каждым взрывом измеряется содержание влаги в воздухе или в воздушно-метановой смеси внутри штрека. В отношении наружной атмосферы отмечаются сила и направление ветра, показание барометра, влажность и температура.

Если ни один из взрывов обеих серий не вызовет воспламенения горючей атмосферы внутри штрека, то взрывчатое вещество считается выдержавшим испытание и может быть включено в список взрывчатых материалов, дозволенных для работы в пыльно-газовых шахтах. Заряд 680 *г* — американская норма, установленная на основании двадцатилетнего опыта. Это наибольший заряд, которым разрешается взрывать в пыльной или газовой шахте в Америке. У нас наибольший заряд 800 *г*.

Специальное испытание, производимое вслед за общим, имеет целью установить тот наибольший предельный заряд, стрельба которым не вызывает воспламенения пыльно-газовых смесей в опытном штреке.

Вообще предельным зарядом принято считать наибольший из зарядов, который при неоднократном испытании не дал взрыва во взрывоопасной атмосфере. Таким образом предельный заряд может быть найден для каждого взрывчатого вещества.

Одним из самых безопасных веществ для взрывания является жидкая углекислота в специальных патронах Кардокс. Сущность этого способа заключается в том, что вместо твердого взрывчатого вещества, в обычный шпур вводится особой конструкции патрон, наполненный жидкой углекислотой, после чего нормально производятся забойка и взрывание. Нижеописываемый патрон, применение которого получило распространение в каменноугольной промышленности штата Иллинойс,

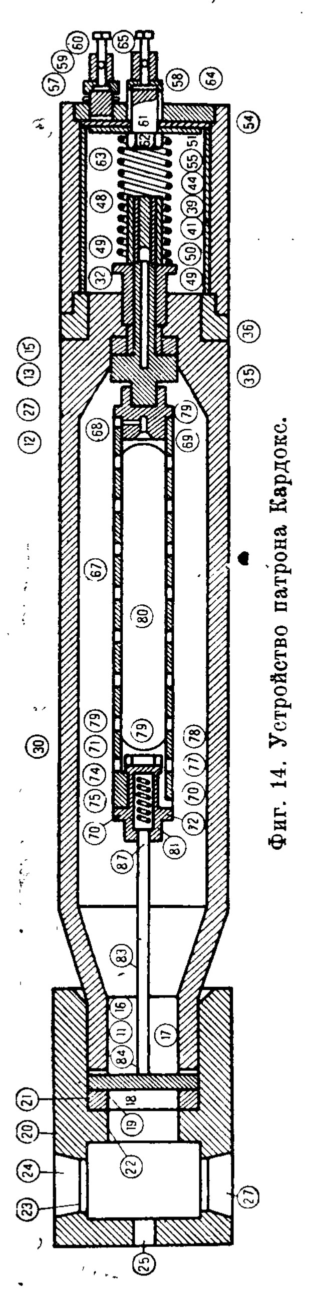
изготавливается американской фирмой Safety Mining Co, **Chicago**, которой получен патент.

Патрон (фиг. 14) состоит из трех главных частей: 1) передней части *20* — разряжательной (расширительной) головки, 2) средней части *30* — резервуара для жидкой углекислоты и теплового патрона, 3) тыльной части *54*—концевого цилиндра, через который производится зарядка патрона жидкой углекислоты и пропускание тока для нагревания.

Средняя часть патрона предназначена для помещения жидкой углекислоты и теплового элемента и представляет собой цилиндрический прочный корпус *30* из материала, выдерживающего давление жидкости при обыкновенной температуре. К передней части корпус суживается (*11*) и имеет наружную резьбу *16* для соединения с головкой. Суженная часть корпуса служит для впуска в головку газообразной углекислоты и прикрывается диском (диафрагмой) *18* из очень хрупкого металла; диск прижимается к корпусу режущим (зажимным) кольцом *19* в момент свинчивания корпуса с головкой *20*. Тыльная стенка корпуса *12* утолщена и имеет центральное отверстие *13*, в которое входит деталь *29* со стержнем *32*, проходящим через отверстие задней стенки; промежутки между деталью и стержнем, с одной стороны, и центральным отверстием корпуса — с другой, заполнены изоляцией *35* и набивкой *36* для герметичности против обратного выхода углекислоты.

Описанная деталь *29* служит для впуска углекислоты и для провода электрического тока. Для впуска углекислоты назначен клапан *39*, имеющий пружину *51* и могущий открываться и закрываться квадратным ключом через отверстие *44* при снятой тыльной части патрона.

Внутри корпуса помещена труба *67* со сквозными круглыми отверстиями, навинчиваемая на деталь *69* и закрепляемая стопорным винтом *68*. Через центральный канал детали *69* проходит электрический провод, зажимаемый указанным стопорным винтом *68*. На противоположный конец трубы *67* навинчено запорное приспособление, состоящее из деталей *70* и *71*, свинченных резьбой *72* и металлической шайбой *75*, изолированной прослойками *76*, *77* и *78*. Внутренняя часть запорного приспособления снабжена чашечкой *79*, с которой соединен один из электрических проводов теплового



Фиг. 14. Устройство патрона Кардокс.

элемента *80*. Внутренняя камера запорного приспособления имеет спиральную пружину *81*, упирающуюся одним концом в дно камеры, а другим—в головку *28* штока *83*, который в свою очередь упирается в хрупкий диск *18*.

Тепловой элемент *80* помещен в дырчатой трубе *67*; по всей длине элемента проходит проволока, один конец которой соединен с деталью *69*, а другой, свернутый в спираль, укреплен в чашечке *79*. Тепловой элемент состоит из 45 *г* алюминиевого порошка, 120 *г* бертолетовой соли и соответствующего количества каталлизирующих веществ (сера, трехсернистая сурьма, окись железа и перекись марганца), причем количество бертолетовой соли варьирует от 2 до 20% состава элемента. Затем элемент снабжается особой легкоплавкой проволокой, способной расплавиться от нагревания при пропускании тока. Для равномерного распространения теплоты по всему составу жидкой углекислоты рекомендуется располагать тепловой элемент в середине корпуса патрона. Тепловой элемент в состоянии поднять температуру жидкой углекислоты до ее критической температуры и выше в крайне короткий промежуток времени (исчисляемый не более $^1/_{20}$ секунды), что достаточно для образования в патроне необходимого давления.

Передняя часть — разряжательная (расширительная) головка *20* — навинчивается на переднюю суженную часть *11* корпуса патрона и предназначена для выпуска газообразной углекислоты и распределения ее во всех направлениях. Эта головка представляет собой металлический цилиндр, наружный диаметр которого соответствует такому же диаметру корпуса патрона *30*. Цилиндр имеет камеру *23*, сообщающуюся с внешним пространством поперечными отверстиями *24* и *27* и центральным отверстием *25*. В сторону корпуса головка имеет отверстие *22*, несколько большее по диаметру, чем отверстие зажимного кольца *19*.

Тыльная часть патрона — концевой цилиндр *54* — предназначена для зарядки и воспламенения электрическим током. Эта часть представляет металлический цилиндр одинакового с корпусом патрона наружного диаметра; внутренняя поверхность цилиндра выложена изолирующим слоем *55*. Цилиндр скрепляется с корпусом резьбой *15* и имеет два отверстия: центральное *58* и эксцентричное *57*. В последнее отверстие вставлены стойка с поворотным соединением *59* и клемма *60* для присоединения проводника. В центральное отверстие ввернута другая стойка, состоящая из болта *61*, кончающегося клеммой, и гайки *62*, прижимающей металлическую пластинку *63* к стенке, а между ними проложен слой изоляции *64*. Одна клемма изолирована от другой втулкой *65* из диэлектрика. Внутри заднего цилиндра располагается впускной клапан, упомянутый выше.

Сборка патрона производится в следующей последовательности: 1) вводится в корпус через его переднюю часть тепловой элемент вместе с навинченными деталями впускного клапана; 2) вставляется хрупкий диск *18* и помещается зажимное кольцо *19*; 3) навинчивается расширительная головка; 4) при помощи сжимающего кольца *31* и рубашки *49* после помещения спиральной пружины *51* на упорное кольцо *50* навинчивается кольцевой цилиндр *54*.

Для снаряжения патрона жидкой углекислотой нужно снять концевой цилиндр и производить зарядку через выпускной клапан. Практика

показала, что наиболее выгодная работа патрона получается в том случае, если емкость корпуса рассчитана примерно на 1,12 *кг* углекислоты, сжатой приблизительно в 500 раз, а хрупкий диск патрона рассчитан на давление около 16 380 *кг* на 6,45 *см*². Электрическая схема для действия нагревательного элемента такова: ток от плюса источника проходит через центральную клемму *61*, спиральную пружину *51*, впускной клапан по проволоке теплового элемента, стержень *83* по корпусу в другую клемму *59* и минус источник тока.

При зарядке патрон помещают на дно пробуренного обычным способом шпура и делается нормальная забойка шпура с выпуском наружу изолированных проволок, прикрепленных к клеммам патрона.

При пропускании электрического тока (электроосветительная сеть, аккумуляторы и т. п., палильная машинка) происходит накаливание, плавление и испарение проволоки внутри теплового элемента и воспламенение зажигательной смеси, отчего в тепловом элементе почти мгновенно развивается очень высокая температура. Вследствие этого жидкая кислота мгновенно ($^1/_{20}$ секунды) нагревается и переходит в газообразное состояние. Образовавшийся углекислый газ производит значительное давление, от которого хрупкий диск срезывается режущим кольцом, благодаря чему открывается выход газу в расширительную головку *20*. Последняя выполняет следующие функции: а) рассеивает выходящий поток газа, поддерживая определенную выгодную концентрацию его; б) компенсирует первый бурный напор газа в момент разряда и не дает патрону податься назад, благодаря чему усиливается взрывное (разрывное) действие патрона; в) головка улавливает срезанный кружок хрупкого диска. Тепловой элемент не только дает достаточную для нагревания углекислоты теплоту, но и доставляет мгновенно тепло для всего объема жидкости, вызывая при этом сильное перемешивание ее. Это обстоятельство важно вследствие того, что углекислота является плохим проводником тепла для сообщения его отдаленным от теплового элемента слоям жидкости. Когда углекислота начинает переходить в газообразное состояние, она отнимает теплоту от окружающей среды, в том числе и от остальных слоев жидкости, вызывая замораживание и затвердение остающейся части заряда CO_2, что ведет к неполному использованию силы патрона.

Ввиду этого является необходимым мгновенно сообщить патрону настолько значительное количество тепла, чтобы обеспечить нагревание жидкости и распространить это тепло по всему объему заряда жидкой углекислоты; отсюда вытекает вся важность наличия теплового элемента, ибо естественное испарение жидкой углекислоты в подобного рода патронах без наличия теплового элемента не дало бы желательного эффекта.

Благодаря известной прочности хрупкого диска действие его наступает только после того, как внутри корпуса будет достигнуто определенное давление. Во избежание замерзания отдаленных слоев жидкости выпуск газа должен быть мгновенным, что достигается благодаря значительному выходному отверстию, образующемуся после срезывания хрупкого диска и благодаря особому, описанному выше устройству головки патрона. Эта головка дает выход газа в определенных направлениях и ускоряет истечение этого газа.

Патрон допускает повторное использование его, для чего после взрыва его извлекают из породы и заменяют разрушенные и поврежденные части (хрупкий диск, режущее кольцо и тепловой элемент) и вновь заряжают.

Патроны имеют в длину 850 *мм* и диаметр 60 *мм*. Зарядка таких патронов происходит из обыкновенных баллонов с углекислотой, причем одновременно заряжаются 15 патронов, которые затем как безопасные без особых мер предосторожности доставляются к забоям. Для патронов бурятся шпуры диаметром 76 *мм*. К винтовым клеммам присоединяются два провода, и патроны вводятся головками ко дну шпура; затем делается обычная забойка из глины или глиняных патронов. Для приведения в действие теплового элемента на рудниках САСШ пользуются током от магистрали для электрических локомотивов. Испаряющаяся углекислота развивает давление до 1 500 *ат* и устремляется ко дну шпура, преодолевая линию наименьшего сопротивления.

В одну смену успевают взрывать три-четыре раза, так как при этом способе не требуется некоторое время выжидать для очищения забоя от вредных газов, как это имеет место при применении твердых взрывчатых веществ.

Bureau of Mines САСШ допустило к употреблению патроны Кардокс только при соблюдении следующих условий в отношении толщины диска и веса заряда углекислоты (табл. 13).

Таблица 13

Толщина диска	Допустимый вес составных частей теплового испарения		Допустимый вес заряда углекислоты		Примечание
мм	минимальный *г*	максимальный *г*	минимальный *г*	максимальный *г*	
3,2	100	160	1 135	1 930	Минимальная допустимая толщина диска
4,8	260	160	1 360	1 930	
6,4	125	160	1 515	1 930	Максимальная допустимая толщина диска
7,9	160	160	1 930	1 930	

Следовательно работа Кардокса основана не на химических реакциях, а на физических принципах. Химическим в нем является только лишь процесс сгорания теплового элемента, служащего для нагревания жидкой углекислоты. Работу при взрыве Кардокса производит углекислота, образовавшаяся как следствие физического процесса, заключающегося в переходе ее из жидкого состояния в газообразное, благодаря теплоте, выделяющейся при сгорании нагревающей смеси.

Несмотря на то, что критическая температура углекислоты +31°, легко создается возможность перевода ее из жидкого состояния в газообразное, причем жидкая углекислота нагревается до температуры более высокой, чем ее критическая. Высокая температура нагревания идет исключительно на повышение давления газообразной углекислоты, а следовательно и на повышение всего взрывного эффекта. Большим

плюсом Кардокса также является то обстоятельство, что углекислота, являясь инертным, не поддерживающим горения газом, легко тушит пламя, возникающее при сгорании зажигательного состава, и кроме того создает завесу, препятствующую воспламенению в шпуре рудничного газа и каменноугольной пыли.

Так как патроны имеют короткое замыкание цепи, то перевозка их не представляет опасности в смысле преждевременного взрыва от электрического тока. В отношении внутреннего давления жидкой углекислоты, также не приходится опасаться, так как оболочка весьма прочна.

Расположение шпуров в забоях для Кардокса ничем не отличается от расположения шпуров по плоскости забоя или при взрывании другими взрывчатыми веществами. Отличием шпуров пробуренных для Кардокса, является их диаметр: они должны пробуриваться диаметром не менее 6,5 *см*. Для бурения шпуров, предназначенных для патрона Кардокс, вместо обычных буров применяются корончатые буры.

Применение забойки является необходимым, и взрывание нужно производить от палильной машинки, присоединяя провода к винтовым клеммам.

После выпала можно сразу заходить в забой, так как вредные газы при палении Кардоксом не выделяются.

Сила взрыва Кардокса зависит в основном от двух величин: 1) объема выделяющегося газа, следовательно от количества углекислоты в патроне, и 2) от давления газа. Обе эти величины могут изменяться в каждом отдельном случае, но в известных пределах. Применяя тонкий или толстый разрядный диск, можно увеличить или уменьшить метательную силу удара, а большее или меньшее количество углекислоты увеличивает или уменьшает радиус действия выходящих газов. Обе указанные величины устанавливаются практически в каждом отдельном случае, в конкретных условиях, добиваясь такой регулировкой наилучших результатов как в отношении кусковатости угля, так и в отношении уменьшения расхода углекислоты.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СТОРОНЫ ВЗРЫВАНИЯ ПАТРОНАМИ КАРДОКС

1. Одним из основных положительных свойств Кардокса является его почти полная безопасность применения в шахтах, опасных по газу или пыли, а отсюда и обеспечение лучших способов ведения работы и эффективных методов организации труда. Максимальная концентрация работ в одном участке, лаве или камере обеспечивает максимальный эффект и вполне возможна при применении Кардокса.

В то время как при применении обычных взрывчатых веществ взрывание во время работ в лаве представляет большую опасность в газовых или пыльных шахтах и кроме того требует перерыва в работе и ожидания, когда рассеются при взрывании ядовитые продукты взрыва, все это при применении Кардокса целиком устраняется.

Это свойство Кардокса приводит к тому, что забой одной и той же камеры удается взрывать два или даже три раза в смену и благодаря максимальной концентрации работ успеть выдать в эту же смену весь добытый уголь. При механизации проходки выработки, очистной выемки

и доставки применение Кардокса создает еще то преимущество, что все механизмы могут оставаться в забое во все время работ и не убираться во время взрывания, чего нельзя делать при применении других взрывчатых веществ, могущих повредить механизмы. Благодаря экономии времени на ожидание после взрывания применение Кардокса уплотняет не только работу людей, но и работу механизмов, в силу чего повышается коэфициент полезного действия машин. Кроме этого благодаря тому, что Кардокс при взрыве выталкивает уголь из забоя и при погрузке нет надобности его отбивать, а можно прямо брать погрузочной машиной, сильно облегчается работа последних и увеличивается коэфициент полезного действия погрузки.

Не менее важным обстоятельством является также и отсутствие сотрясения кровли, уменьшающее количество сланца, попадающего в уголь, благодаря чему понижается зольность угля, а отсюда как следствие — улучшение его качества за счет меньшего процента зольности и увеличения кусковатости.

К недостаткам Кардокса следует отнести громоздкость и тяжеловесность патронов, большой диаметр их, повышающий расходы на бурение шпуров, а также необходимость оборудования специальной зарядной станции.

Применение Кардокса у нас в СССР в настоящее время настоятельно диктуется введением новых форм и методов работы — добычи непрерывным потоком по методам Карташева и Касаурова. Этот непрерывный поток может быть обеспечен и в смысле безопасности и в смысле устранения вредных потерь времени только введением в практику безопасного способа паления, потому что ни одна производственная проблема в горной промышленности не может быть разрешена без реального учета условий безопасности.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ГЛАВНЕЙШИЕ ВИДЫ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Существует несколько классификаций взрывчатых веществ. Наиболее удовлетворительной является нижепринятая классификация, близкая к Науму, Касту и Эскалесу.

1. Нитроглицерин и нитроглицериновые взрывчатые вещества:
   а) Нитроглицерин и другие эфиры жирных спиртов и углеводов.
   б) Порошкообразные динамиты.
   в) Взрывчатая желатина.
   г) Желатин-динамиты.
   д) Незамерзающие и труднозамерзающие динамиты.
   е) Антигризутные взрывчатые вещества.
   ж) Взрывчатые вещества с малым содержанием нитроглицерина.
2. Порох.
3. Нитропроизводные ароматического рода.
4. Аммиачноселитренные взрывчатые вещества.
5. Хлоратные и перхлоратные взрывчатые вещества.
6. Взрывчатые вещества, содержащие жидкий воздух.
7. Инициирующие взрывчатые вещества.

Вышеописанная классификация является наиболее логичной и последовательной и как раз вполне соответствует духу современности и состоянию техники взрывчатых веществ.

Нитроглицерин

Нитроглицерин представляет собою эфир азотной кислоты и глицерина и получается взаимодействием глицерина со смесью азотной и серной кислот:

$$C_3H_5-(OH)_3+3HNO_3=C_3H_2(ONO_2)_3+3H_2O$$

Серная кислота служит при этом средством, отнимающим воду.

К глицерину, идущему на производство динамитов, предъявляются самые строгие требования в отношении его химической чистоты. Глицерин должен быть бесцветным или слабо желтым и не давать неприятного запаха при нагревании до 100°. Кроме этого ни углеводов, ни акролеина или других каких-либо восстанавливающих веществ, а также и жирных кислот в глицерине не должно быть, точно так же не должно

быть и мышьяка, сернистых, сернисто- и серноватистокислых соединений. Глицерин, идущий на производство динамитов, должен отвечать ОСТ.

По внешнему виду нитроглицерин представляет бесцветную, прозрачную, маслянистую жидкость удельного веса 1,6. Технический продукт всегда окрашен в желтый цвет. В воде он мало растворим (1 : 600), но хорошо растворяется в спирте и эфире. При $+12^\circ$ нитроглицерин замерзает в твердую кристаллическую массу удельного веса 1,735 и и затвердевает в двух видоизменениях, имеющих значительно различные точки плавления. Каст нашел, что нитроглицерин затвердевает в двух аллотропичных видоизменениях — лабильной и стабильной формах, причем только первая может быть переведена и легко переходит во вторую.

По Науму, лабильная форма нитроглицерина замерзает при температуре $+2,2^\circ$, а стабильная форма нитроглицерина — при температуре $+13,2^\circ$. Химически чистый нитроглицерин замерзает преимущественно лабильно.

Нитроглицерин обладает ядовитыми свойствами, и при вдыхании его паров, при попадании на язык, а также при простом соприкосновении его с кожей тела человека он уже в малых дозах вызывает головную боль, ощущение жара и сердцебиение.

Нитроглицерин не особенно легко поддается воспламенению. Если его осторожно нагревать без непосредственного соприкосновения с огнем, то он будет довольно медленно разлагаться с образованием продуктов неполного горения, и только при быстром нагревании до 200—210° разлагается со взрывом. Если взять нитроглицерин в небольшом количестве, он под влиянием огня сгорает спокойно. При увеличении же его массы несомненно возможно превращение обыкновенного горения в детонацию.

Нитроглицерин очень чувствителен к удару, толчку и вообще к механическим воздействиям, в силу чего он в чистом виде запрещен к употреблению и перевозкам по железной дороге. Сильный удар и вообще сильное механическое воздействие может легко вызвать детонацию. Замерзший твердый нитроглицерин менее чувствителен к механическому воздействию и с трудом взрывается от капсюля-детонатора, который, кстати сказать, очень легко вызывает детонацию жидкого нитроглицерина. Наиболее опасен нитроглицерин в переходном полузамерзшем состоянии. Чистый нитроглицерин, т. е. вполне освобожденный от кислот, очень прочен и при обыкновенной температуре может сохраняться долгое время. Присутствие в нитроглицерине следов кислоты вполне достаточно, чтобы вызвать его разложение, могущее окончиться воспламенением, а иногда и взрывом.

Химическая стойкость нитроглицерина определяется пробой Абеля. Нитроглицерин должен выдержать эту пробу не менее 15 минут без появления окраски[1].

Реакция разложения нитроглицерина:

$$2C_3H_5(ONO_2)_3 = 6CO_2 + 5H_2O + 3N_2 + 0,5O_2$$

[1] Описание пробы Абеля будет дано ниже.

Динамиты

Динамитами называются взрывчатые вещества, изготовленные на основе нитроглицерина.

Таблица 14

Таблица физико-химических данных нитроглицерина

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чувствительность к удару на копре Каста. Груз весом в 2 *кг* с высоты падения (нитроглицерин жидкий)	То же, что и графа № 1 (нитроглицерин твердый)	Чувствительность к трению в фарфоровой ступке при растирании	Температура вспышки	Расширение в бомбе Трауцля при капсюле № 8 (с водяной забойкой по Науму)	Скорость детонации (жидкого)	Бризантность на свинцовых цилиндриках	Теплота взрыва на 1 *кг*	Максимальная температура взрыва	Объем газов на 1 *кг*
4 *см*	15 *см*	взрыв	200—205°	590 *см*^{3}	1100—2000 *м/сек*	18,5 *мм*	1475 *б/кал* при воде газообразной	3400°	715 *л*

В зависимости от содержания нитроглицерина, коллодионного хлопка и других составных частей нитроглицериновые взрывчатые вещества разделяются на желатинообразные, пластичные (собственно динамиты) и порошкообразные сорта (табл. 15).

Требования, предъявляемые к динамитам. 1. Содержание влаги в желатинообразных и пластичных динамитах с калиевой и натровой селитрой допускается не более 1%; в пластичных и порошкообразных с аммиачной селитрой — не более 1,5%.

2. Нитроглицериновые взрывчатые вещества должны выдерживать испытание на стойкость по Абелю при 75° в течение 10 минут.

3. Желатинообразные и пластичные динамиты должны выдерживать пробу на эксудацию при 30—33° в течение 144 часов.

4. Нитроглицериновые взрывчатые вещества должны выдерживать пробы на полную детонацию: 1) пяти патронов на открытом воздухе, 2) восьми патронов, помещенных в железной трубе.

В случае неудовлетворительности одного из указанных испытаний таковое повторяется три раза с вновь отобранными пробами, причем взрывчатые вещества считаются выдержавшими испытание, если они полностью детонируют в этих трех последних испытаниях.

5. Нитроглицериновые взрывчатые вещества должны выдерживать испытание на бризантность в бомбе Трауцля; кроме того порошкообразные должны выдерживать испытание на бризантность сжатием свинцовых цилиндриков, (табл. 16).

Таблица 15

Динамиты по ОСТ 680

№№ сортов	Наименование динамита	Содержание в процентах: Нитроглицерин	Коллодионный хлопок[1]	Калиевая селитра	Натровая селитра	Аммиачная селитра	Нитропродукты	Поглотитель[2]	Сода или мел
	I. Желатинообразные								
1	93%-ный гремучий студень	92—93	8—7	—	—	—	—	—	—
2	88%-ный гремучий студень	87—88	13—12	—	—	—	—	—	—
	II. Пластичные (собственно динамиты)								
3	83%-ный студенистый динамит	82 83	6—5	10—9	—	—	—	2—3	—
4	83%-ный студенистый динамит натровый	82—83	6—5	—	10—9	—	—	2—3	—
5	83%-ный студенистый динамит аммиачный	82—83	6—5	—	—	10—9	—	2—3	—
6	63%-ный студенистый динамит	62—63	3—3,5	27—25	—	—	—	8	0—0,5
7	63%-ный студенистый динамит натровый	62—63	3—3,5	—	27—25	—	—	8	0—0,5
8	63%-ный студенистый динамит аммиачный	62—63	3—3,5	—	—	27—25	—	8	0—0,5
9	40%-ный студенистый динамит	38,5—43	1,2—2	45—41	—	—	—	15—14	—
10	40%-ный студенистый динамит натровый	38,5—43	1,2—2	—	45—41	—	—	15—14	—
11	40%-ный студенистый динамит аммиачный	38,5—43	1,2—2	—	—	45—41	—	15—14	—
	III. Порошкообразные								
12	29%-ный гризутин	29—30	0,8—1	—	—	69,5—69	—	—	0—0,8
13	20%-ный гризутин	19,5—20	0,4—0,8	—	—	80—79	—	—	—
14	12%-ный гризутин	12—11,76	0,2—0,24	—	—	87—88	—	—	1—0
15	12%-ный динамит порошкообразный	12	0,2	—	—	75—76	11	—	1

[1] Особый сорт пироксилина, идущий на изготовление динамитов, называется коллодионным хлопком.

[2] В качестве поглотителя может служить древесная или зерновая поджаренная мука.

Таблица 16

Наименование динамитов	Расширение в бомбе Трауцля при 15°, $см^3$	Норма сжатия свинцовых цилиндров, *мм*
I. Желатинообразные		
93%-ный гремучий студень	525+40	
88%-ный » »	520+40	
II. Пластичные (собственно динамиты)		
83%-ный студенистый динамит	460+20	
83%-ный » » натровый	460+20	
83%-ный » » аммиачный	480+20	
63%-ный » »	380+20	
63%-ный » » натровый	370+20	
63%-ный » » аммиачный	450+20	
40%-ный » »	325+20	
40%-ный » » натровый	325+20	
40%-ный » » аммиачный	340+20	
III. Порошкообразные		
29%-ный гризутин	295+25	13+1
20%-ный »	270+25	12+1
12%-ный »	230+20	10+1
12%-ный динамит порошкообразный	440+20	14+1

Размеры патронов с нитроглицериновыми взрывчатыми веществами по ОСТ

Диаметр	23 *мм*	30 *мм*	Допускаемые отклонения для диаметра + 2 *мм*
Длина	100 — 120 *мм*	110 — 120 *мм*	
Средний вес	67 — 69 *г*	103 — 106 *г*	

Свойства динамитов. 1. По наружному виду желатин-динамиты напоминают собою клеевую массу или студень и бывают пластичны и упруги. Цвет их различен, от бесцветных до буровато-желтых, красных и т. д., в зависимости от цвета поглотителя.

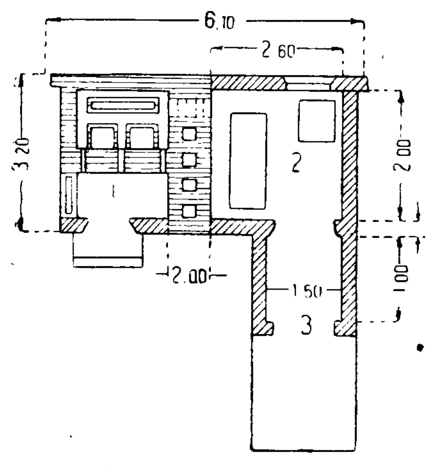
Желатинированные динамиты, содержащие значительное количество солей, муки и т. д., мало пластичны и упруги. Чем меньше в динамитах желатинированной массы, тем менее они пластичны и больше приближаются к порошкообразным, постепенно переходя в последние, свойства которых значительно отличаются от пластичных — желатинированных. Удельный вес желатинированных динамитов различен в зависимости от природы содержащихся в них веществ. Наиболее легкий удельный вес имеют динамиты гремучие студни.

2. Динамиты являются взрывчатыми веществами, чувствительными ко всякого рода механическим воздействиям, трению, удару и т. п., причем большая степень чувствительности имеется у высокопроцентных динамитов и значительно меньшая — у порошкообразных.

3. Динамиты при температуре +8 — + 10° начинают охлаждаться и переходят в полутвердое и твердое состояние, т. е. начинают замерзать, образуя твердую беловатую массу.

В таком состоянии они весьма мало чувствительны к капсюлю-детонатору, и детонационная способность у них понижается, благодаря чему невзорванные шпуры, оставшиеся стаканы и невзорванные патроны в добытом ископаемом со всеми вытекающими отсюда последствиями наиболее часто бывают в холодное время года, когда применяют или плохо оттаянный динамит или же совсем неоттаянный. Подобное понижение детонационной способности у динамитов может объясниться главным образом его сильным уплотнением, влияющим только лишь в сторону уменьшения скорости детонации.

Кроме указанного свойства желатин-динамиты в замерзшем, а еще более в полузамерзшем состоянии являются чрезвычайно чувствительными к механическим воздействиям: их нельзя ни ломать, ни царапать, ни сверлить, ни развертывать из бумаги. Вообще производить с замерзшими и полузамерзшими динамитами никаких манипуляций абсолютно нельзя. Всякая манипуляция с динамитом в таком состоянии может привести к несчастному случаю — взрыву. В связи с этим динамиты необходимо применять только оттаянные. Оттаивание замерзших динамитов производят в специально отведенных помещениях и в термофорах-отогревателях. Помещение для оттаивания динамитов должно состоять из двух отделений, не сообщающихся между собой и имеющих самостоятельные выходы наружу, и сеней (фиг. 15).



Фиг. 15. Помещение для оттаивания динамитов.

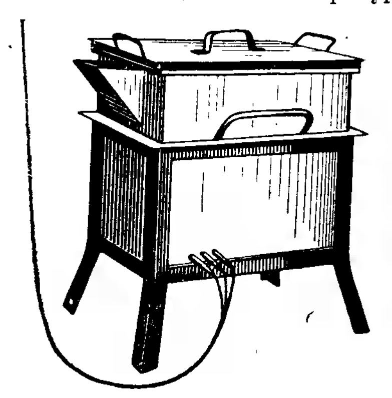
В одном из помещений имеется печь, которая одной стороной (не топкой) должна выходить в другое отделение и его обогревать. В другом помещении имеются столы и полки, обшитые листовым цинком с закраинами. Оттаивание необходимо производить не целыми ящиками, а отдельными патронами, благодаря чему последние раскладываются на столах и полках. Расстояние полок и столов от печи должно быть не менее 1 *м*. Кроме печного отделения последнее может быть водяным, но при этом батареи не должны иметь температуру выше 60° и должны быть закрыты асбестовыми экранами, а столы с патронами должны быть расположены не ближе 1 *м* от экрана. Температура помещения не должна превышать 25°.

Оттаивание динамитов в этих условиях происходит чрезвычайно медленно. В зависимости от степени мерзлости замерзшие патроны становятся мягкими только через 1—2 суток. Оттаявший патрон с поверхности может быть еще замерзшим внутри, что может послужить причиной несчастного случая, поэтому необходимо весьма осторожно подходить к оценке оттаяния динамита.

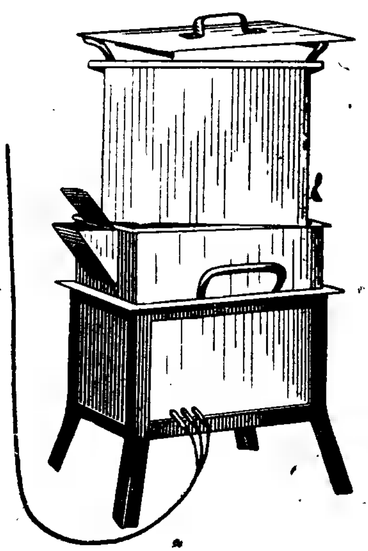
Более ускоренное оттаивание производится в специальных сосудах-термофорах (фиг. 16 и 17), сделанных из меди, латуни или цинка.

Оттаиваемый динамит помещается во внутреннюю ванну *a*, закрываемую деревянной крышкой. Ванна помещается в другой сосуд *b*, в который наливается вода. Этот сосуд имеет указатель уровня воды и отверстия для приливания воды вместо испаряющейся. Все это помещается в ящик на ножках, нагреваемый электричеством.

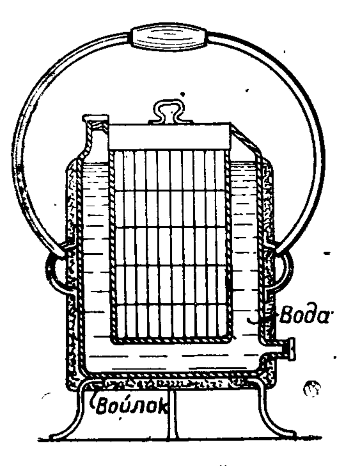
Включающее приспособление снабжено предохранителем от расплавления. Максимальная температура внутреннего сосуда может быть 40—50°. Указанный прибор является весьма удобным в практике, так как не требует оборудования специального помещения.



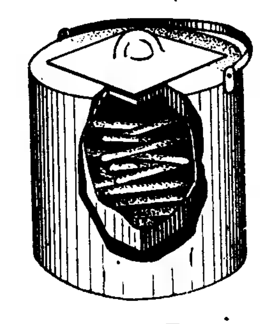
Фиг. 16. Электрический прибор для оттаивания динамитов (в собранном виде).



Фиг. 17. То же (в разобранном виде).



Фиг. 18. Термофор для приноски динамита.



Фиг. 19. То же.

Оттаянный динамит от места оттаяния до забоя необходимо переносить в специальных сосудах — переносных термофорах, обогреваемых водой, нагретой до 40° (фиг. 18 и 19).

Термофор представляет собой двойной сосуд, между стенками которого наливается вода. Сосуд сделан из латуни, меди или цинка.

4. При более или менее продолжительном хранении (свыше гарантийных сроков) динамиты переуплотняются, теряют чувствительность к капсюлю-детонатору, в связи с чем у них понижается детонационная способность. Это обстоятельство влияет не только на полноту взрыва заряда динамита, но и на образование вредных газов при взрыве CO и NO_2 и оставление патронов в добытом ископаемом. Поэтому динамиты, гарантийный срок хранения которых или на исходе или уже вышел, необходимо испытать на детонационную способность. Только после указанного испытания можно определить максимальное количество патронов, одновременно закладываемых в шпур. Указанная инертность особенно резко сказывается у высокопроцентных динамитов с содержанием 83, 88 и 93% нитроглицерина.

Гарантийные сроки хранения для нитроглицериновых взрывчатых веществ согласно ОСТ следующие: для желатинообразных и пластичных динамитов с калиевой селитрой — 6 месяцев; для динамитов с натровой селитрой — 4 месяца; для динамитов порошкообразных с аммиачной селитрой — 4 месяца.

Основная причина инертности динамитов, как мы уже ранее упомянули, объясняется их переуплотнением и содержанием пузырьков воздуха. Свежеизготовленный динамит содержит мельчайшие пузырьки воздуха, способствующие передаче детонации и являющиеся распространителями взрывной волны. После некоторого времени лежания пузырьки воздуха частью выходят, а частью как бы растворяются в массе динамита, благодаря чему он делается все более и более прозрачным — янтарного цвета, а плотность его при этом значительно увеличивается.

Условия хранения динамита весьма в сильной степени влияют на его износ. По исследованиям Наукгофа (Zeitschrift fur das Gesamte schies und sprengstaf. № 2 стр. 45, 1931), динамит при более низкой температуре сохраняет свою плотность, и воздух не так легко из него испаряется, как из более теплого и рыхлого динамита. Способность динамита сохранять содержащийся в нем воздух зависит главным образом от качества желатина, в силу чего при выработке динамита всегда особое внимание необходимо уделять коллодионному хлопку, дающему с нитроглицерином плотную и густую желатину.

Из опытов Зелле (Zeitschrift fur das Gesamte schies und sprengstaf. № 12, стр. 469, 1929), с 62%-ным динамитом видно, что динамит после 13-месячного свободного лежания на складе при испытании на скорость детонации в стальной трубке давал скорость 1 200—1 400 *м/сек*, между тем как тот же динамит после нового разминания давал в стальной трубке диаметром 21 *мм* при том же капсюле-детонаторе № 8 скорость детонации, равную 6 700 *м/сек*, т. е. одинаковую с только что изготовленным динамитом.

Описанные исследования Зелле вполне подтверждаются и опытами С. Наукгофа, заключающимися в следующем: свежеизготовленный патрон из желатин-динамита подвергался одноминутному действию вакуума, после которого удельный вес динамита с 1,38 увеличивался до 1,54, а скорость детонации с 6 800 *м/сек* снижалась до 1 500 *м/сек*. Причину понижения скорости детонации пролежавшего на складе динамита следует искать только лишь в изменении содержания воздуха и как следствие — в изменении удельного веса.

В силу сказанного перед заряжанием шпуров необходимо рекомендавать патроны надежно оттаянного динамита, тщательно разминать руками, увеличивая тем самым их способность к детонации и силу. Кроме этого для увеличения количества патронов одновременно взрываемого высокопроцентного динамита необходимо рекомендовать применение возбудителей из его низкопроцентных сортов. В качестве боевика рекомендуется брать 29%-ный гризутин и каждым 4—5-м патроном вставлять тоже 29%. При расположении на земле, на открытом воздухе, при таком способе составления заряда, застаревший 62%-ный динамит взрывается до 100 патронов, в то время как при нормальном способе заряжания взрывается по 3 — 4 патрона. Указанный способ был разработан и предложен т. В. А. Ассоновым.

5. Желатинированные динамиты под давлением некоторых факторов способны к эксудации (выделению) нитроглицерина. Особенно на это влияет тепло, а также оттаивание замерзших динамитов. Последнее обстоятельство, правда, вовсе необязательно, но тем не менее оно иногда бывает. Кроме указанных выше факторов надо сказать, что в основном на эксудацию нитроглицерина влияет качество коллодионного хлопка, режим желатинизации (образования коллоида) и ряд других процессов технологического порядка.

Эксудирующий динамит ни в коем случае нельзя ни перевозить, ни применять для заряжания, ибо, как мы уже видели, нитроглицерин, выделившийся на поверхности теста динамита и в торцах патронов, является весьма чувствительным к механическим воздействиям. Согласно действующим правилам по безопасности горных работ, эксудирующий динамит после его испытания и окончательного убеждения в том, что выделенная жидкость есть нитроглицерин, подлежит уничтожению.

6. Вода и влажность атмосферного воздуха никакого влияния на желатинированные динамиты не оказывают, а наоборот, указанным свойством этих динамитов пользуются при взрывании в мокрых местах и местах с водой, не помещая заряд в водонепроницаемую оболочку. Указанным свойством не обладают порошкообразные динамиты. В этом отношении, т. е. в отношении чувствительности к влаге, они мало чем отличаются от аммонитов, в силу чего хранить их нужно в сухом месте, а при взрывании в мокрых местах и местах с водой заряд помещать в водонепроницаемую оболочку.

7. От действия огня в небольшом количестве динамит спокойно сгорает красновато-желтым пламенем с отделением окислов азота. При быстром же нагревании до 180—200° динамиты взрываются.

8. Действие солнечного света на динамит подобно влиянию его на нитроглицерин: при продолжительном действии солнечных лучей динамиты делаются более чувствительными к сотрясениям и ударам, а разогревание солнечными лучами обусловливает в большинстве случаев эксудацию из них нитроглицерина.

9. Динамиты менее чувствительны к действию электричества, чем чистый нитроглицерин.

Электрическая искра не особенно высокого напряжения не взрывает динамита, а происходит лишь местное нагревание, а иногда только сгорание или частичный слабый взрыв. То же явление происходит при накаливании тонкой железной проволоки, помещенной внутрь динамита.

Удар молнии всегда взрывает динамит.

10. Физиологическое действие динамита на организм человека то же, что и нитроглицерина, если безусловно в составе поглотителя нет каких-либо веществ, действующих специально.

11. Скорость детонации динамитов, в большой мере зависит от диаметра патронов. Ниже мы приводим таблицу из работы Зелле, где выражена зависимость скорости детонации от времени изготовления взрывчатого вещества при различном диаметре патронов (табл. 17).

Таблица 17

Зависимость скорости взрыва от времени изготовления взрывчатого вещества

(динамит 1, образчик А)

Время изготовления, дни	Диаметр патрона, *мм*	Капсюль № 1		Капсюль № 8	
2	30	5 300 2 200 2 600	3 400 *м/сек*	6 000 6 300	6 150 *м/сек*
2	20	—		2 100 2 400	2 250 *м/сек*
8	30	1 300 2 650	2 000 *м/сек*	5 500 5 400	5 450 *м/сек*
8	20	—		2 200 2 200	2 200 *м/сек*
20	30	—		3 000 2 500	2 750 *м/сек*
20	25	—		2 000 1 700	1 850 *м/сек*
20	20	—		1 400 2 100	1 750 *м/сек*
400	25	—		1 400 1 300	1 350 *м/сек*
400	20	—		1 200 1 300	1 250 *м/сек*

Состав испытуемого динамита был следующий: нитроглицерин 62,5%, коллодионный хлопок 2,5%, натронная селитра 26,25%, древесные опилки 8,4%, сода 0,35%.

Как видно из табл. 17, при диаметре патронов в 30 *мм* одного и того же взрывчатого вещества мы имеем максимальную скорость детонации, которая в большой мере точно так же зависит еще от силы первоначального импульса, т. е. капсюля-детонатора. При капсюле № 1 мы имеем скорость детонации 3 400 *м/сек*, а при капсюле № 8 — 6 150 *м/сек*.

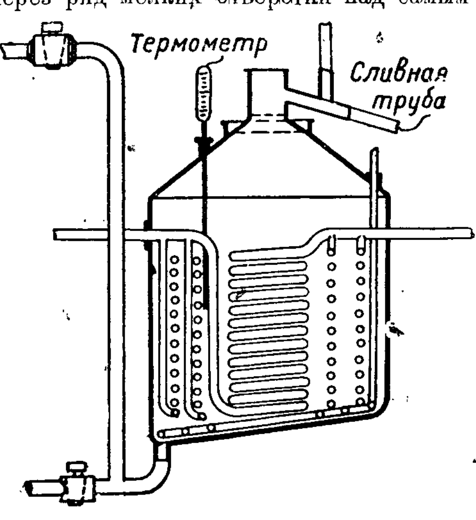
Краткие сведения технологического процесса динамитов. Фабрикация динамитов в основном слагается из следующих элементов: 1) изготовление нитроглицерина, 2) желатинирование и смешение компонентов, 3) патронирование и 4) укупорка.

Получение нитроглицерина является главной и самой ответственной операцией, в свою очередь слагающейся из следующих частей: 1) нитрация глицерина, 2) сепарирование и 3) промывка и фильтрование.

Нитрация глицерина производится двумя способами: по способу Натана Томсона и способу Нобеля.

Наиболее совершенным является способ Натана Томсона. Существенными особенностями его способа являются производство нитрации и отделение готового нитроглицерина от нитрационных кислот в одном и том же аппарате (фиг. 20), в то время как по способу Нобеля нитрация производится в одном аппарате, а сепарация — в другом. Нитрационный аппарат снабжен внутренним холодильником в виде змеевика, с протекающей холодной водой, охлаждающей наливаемую для нитрации кислотную смесь.

Кроме того по одной-двум трубам в аппарат вводится сжатый воздух, выходящий затем из них через ряд мелких отверстий над самым дном аппарата. Сжатый воздух служит для перемешивания нитровочной смеси. В случае порчи или остановки вдувания сжатого воздуха нитровочный аппарат обычно снабжается приспособлением для введения в нитрационную жидкость сжатой углекислоты из бомбы с жидким углекислым газом. Подача глицерина производится в нижней части нитрационного аппарата таким образом, чтобы он успевал хорошо разбиваться в мелкие брызги и размешиваться с нитрационной смесью кислот. Кроме этого в крышке аппарата имеются стеклянные окна для наблюдения за ходом процесса нитрации. В аппарате имеются два термометра, по которым следят за температурой, которая не должна повышаться при этом свыше 25—28°. В случае неожиданного повышения температуры и появления бурых паров окислов азота вся нитровочная смесь сливается в предохранительный резервуар, находящийся над нитрационной мастерской и содержащий воду.



Фиг. 20. Нитрационный аппарат Натана.

После нитрации производят сепарацию — отделение нитроглицерина от отработанной кислотной смеси, более или менее продолжительное соприкосновение которой с нитроглицерином может повлечь за собой разложение последнего. Сепарирование нитроглицерина основано на различных удельных весах его (1,6) и отработанных кислот (1,7). (Нитроглицерин при этом образует верхний слой). Сливание нитроглицерина производится при помощи сливной трубы, имеющейся наверху коничеcкой крышки. После сепарации нитроглицерин поступает в промывочную мастерскую (фиг. 21). Цель этого процесса заключается в возможно более полном удалении малейших следов нитрационных кислот. Промывка

делается с 1—2% соды. После промывки нитроглицерин испытывается на химическую стойкость по пробе Абеля, причем требуется, чтобы стойкость его была не менее 15 минут.

Фильтрованием нитроглицерина удаляются случайно попавшие твердые частицы и пена. Этот процесс совпадает так же с обезвоживанием нитроглицерина, что достигается фильтрованием через слой смеси поваренной соли и хлористого магния, заключенного между двумя фланелевыми прокладками. Операции нитрации и сепарации являются самыми опасными из всего технологического процесса изготовления нитроглицерина.

После получения нитроглицерина последний развешивается в эбонитовые кувшины и в них попадает в мешательные мастерские, где производится желатинизация и смешение полученной желатины с различными веществами, идущими в тот или иной сорт динамита.



Фиг. 21. Внутренний вид помещения для промывки нитроглицерина.

Для получения желатины служит коллодионный хлопок. Смешение нитроглицерина с коллодионным хлопком, а также поглотителем производится в прямоугольных медных ящиках с двойными стенками глубиной около 40 *см* и поперечным размером 1×1,5 *м*. В зависимости от рода работы смешиваемая масса нагревается горячей водой до 50—70° и тщательно перемешивается, чтобы динамитное тесто представляло однородную гомогенную массу. После этого динамит поступает для патронирования. Патронировка происходит колбасными машинами (фиг. 22).

Укупоривать динамит в картонные коробки весом каждая в 2,5 *кг*, причем в каждый ящик упаковывают по 10 таких коробок.

Труднозамерзающие динамиты. Чувствительность нитроглицерина, а следовательно и нитроглицериновых взрывчатых веществ, к сравнительно низким температурам: +8 — +10°, является весьма отрицатель-

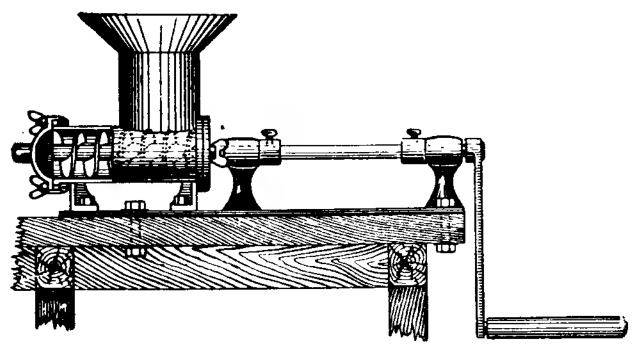
ным фактором при работе с этими взрывчатыми веществами в холодное время года. Указанным отрицательным свойством не обладают труднозамерзающие динамиты, само название которых говорит об их необычных свойствах. Ниже мы займемся описанием и разбором этих динамитов.

Нитрогликолевые динамиты. Основанием к изготовлению этих динамитов является нитрогликоль, получаемый путем обработки гликоля смесью азотной и серной кислот:

$$C_2H_4(OH)_2 + 2HNO_3 = C_2H_4(ONO_2)_2 + 2H_2O$$

Гликоль представляет собой двухатомный спирт, получающийся путем синтеза из спирта или этилена через этилен-хлорид и последующее омыление. Гликоль — это бесцветная, сладкая на вкус жидкость удельного веса 1,1160 при 15°. Она гуще, чем вода, и жиже, чем глицерин.

Гликоль затвердевает при сильном охлаждении и плавится при 11,5°, при обыкновенной температуре летуч, в эфире трудно растворим, во всех отношениях смешивается с древесным спиртом, обыкновенным спиртом и водой и является гигроскопичным.



Фиг. 22. Патронировочная машинка для изготовления динамитов.

Требования, предъявляемые к гликолю, сводятся к следующему:

1. Гликоль должен быть бесцветным и в глубоком слое чуть желтоватым и без запаха.
2. Удельный вес 1,1160 при 15°.
3. Нейтральная реакция.
4. Содержание гликоля по бихроматному методу путем окисления 98—100%.
5. Содержание золы менее 0,01%.
6. Отсутствие хлоридов, извести, акролеина и щелочи.

Нитрация гликоля — изготовление динитрогликоля — производится в тех же установках и в той же аппаратуре, что и производство нитроглицерина. Состав и пропорция нитрующей смеси, а также отделение и процесс промывки почти вполне согласуются с таковыми для производства нитроглицерина. Желатинирующая способность у динитрогликоля лучшая, чем у нитроглицерина.

Нитрогликоль — прозрачная сиропообразная жидкость удельного веса 1,496 при 15°, т. е. несколько легче нитроглицерина. Точка замер-

зания — затвердевания — до сих пор еще не установлена, но взрывчатые вещества из нитрогликоля, по Науму, не замерзают при обычных зимних холодах. Нитрогликоль в достаточной степени летуч уже при обыкновенной температуре. Он легко растворим в большинстве органических растворителей: спирте, эфире, хлороформе, бензоле, толуоле, ацетоне, нитробензоле, но трудно растворим в бензине.

На организм человека нитрогликоль действует так же, как и нитроглицерин, вызывая головную боль.

Нитрогликоль разлагается по следующему уравнению:

$$C_2H_4(ONO_2)_2 = 2CO_2 + 2H_2O + N_2$$

т. е. выделяет при взрыве углекислоту, воду и азот.

Он спокойно сгорает от действия огня до тех пор, пока не наступает перегрев, за которым уже следует взрыв.

Нитрогликоль менее чувствителен ко всякого рода механическим воздействиям, чем нитроглицерин. В частности на копре Каста при грузе в 2 *кг* он взрывает при высоте падения 20—25 *см*, в то время как нитроглицерин взрывает с значительно меньшей высоты. Нитрогликоль очень чувствителен к инициальному импульсу и взрывается от действия самого слабого капсюля-детонатора.

Скорость[1] детонации для нитрогликоля 6 000 *м/сек*, для нитроглицерина 5 650 *м/сек*.

Расширение[2] в бомбе Трауцля для заряда в 10 *г*: нитрогликоль — 650 $см^3$, нитроглицерин — 590 $см^3$.

Нитрогликоль, как видно из предыдущего сравнения, обладает хорошими взрывчатыми свойствами, а по бризантности превосходит нитроглицерин. Кроме этого он в большей степени безопасен в обращении. Основными недостатками его являются летучесть при изготовлении и дороговизна его получения.

Для динамита нитрогликоль может итти путем полной или частичной замены им нитроглицерина. В том и другом случае температура затвердевания понижается, правда, в различной степени. Чем больше процент замены нитроглицерина, тем получается более низкая температура замерзания.

Нитрогликоль эксудирует из желатина легче, чем нитроглицерин, в силу чего коллодионного хлопка для них необходимо брать больше.

В Германии наиболее известны сорта, изготовленные из чистого нитрогликоля, — 40%-ный и 18%-ный динамиты.

Во Франции за последнее время выпущены как незамерзающие и газобезопасные гризутины с основанием из смеси нитроглицерина с динитрогликолем, из которых гризутин имеет следующий состав: нитроглицерина 23,3%, динитрогликоля 5,8%, нитроцеллюлозы 0,9% и аммиачной селитры 70,5%.

Практических данных относительно этого типа динамитов пока еще нет.

Динамиты с динитрохлоргидрином. Динитрохлоргидрин служит как примесь для понижения замерзаемости нитроглицерина.

[1] По Науму.

[2] Определение производилось в трубках диаметром 30 *мм* из 75%-ной смеси с кизельгуром при плотности заряжания 1,25.

Динитрохлоргидрин представляет собой смесь динитрохлоргидрина с небольшим количеством глицерина (как правило 15—20%), так как получается он из технического монохлоргидрина, получающегося в свою очередь хлорированием глицерина. Он был введен в 1904 г. Альфредом Нобелем для приготовления пластических взрывчатых веществ. Динитрохлоргидрин получают постепенным приливанием монохлоргидрина при перемешивании и охлаждении в смеси серной и азотной кислот. Процесс аналогичен изготовлению нитроглицерина. Химически чистый динитрохлоргидрин — прозрачная жидкость со слабым ароматическим запахом и более жидкой консистенцией, чем нитроглицерин.

Технический же продукт желтовато-бурого до красно-бурого цвета. Физиологические действия его такие же, как нитроглицерина. Удельный весь 1,541 при 15° (по Науму). С нитроглицерином смешивается во всех пропорциях. Смеси, состоящие из 75%-ного нитроглицерина и 25%-ного динитрохлоргидрина, по Науму, могут считаться практически незамерзающими, т. е. происходит понижение точки затвердевания обеих составных частей — образование эвтектических смесей. В смеси с нитроглицерином он хорошо желатинируется. При медленном нагревании динитрохлоргидрин постепенно улетучивается, разлагаясь без взрыва. Слабая вспышка происходит только при 190°. Зажечь его очень трудно. Приготовленные из него и зажженные динамиты спокойно сгорают без детонации.

При взрыве динитрохлоргидрин дает отрицательный кислородный баланс. Динамит с динитрохлоргидрином при недостаточности окислителя — селитры — выделяет водород и соляную кислоту.

В отношении чувствительности к удару он менее чувствителен, чем нитроглицерин. Взрывает на копре Каста при весе груза в 2 *кг* с высоты падения 10—20 *см*. К инициальному импульсу динитрохлоргидрин весьма чувствителен. В бомбе Трауцля дает расширение при капсюле № 8 475 $см^3$.

Представителями этого класса, вырабатываемыми за границей, являются желатин-астралит, желатин-донарит и др.

Желатин-астралит имеет следующие составные части: динитрохлоргидрина 50%, нитроглицерина 5% и коллодионного хлопка 2%.

Кроме этого туда входят ароматические нитросоединения: нитротолуол 4%-ный, растительная мука, селитра аммониевая или натриевая или же смесь обеих, а также углеводороды.

Вместо упомянутых взрывчатых веществ по прусскому списку к применению в прусской горной промышленности допущен так называемый аммон-желатин 1, который должен иметь следующий состав: 28—33% динитрохлоргидрина, из которого 5% от общего количества могут быть заменены нитроглицерином; 1—3% коллодионного хлопка; 45—50% аммиачной селитры; 10—15% гидратов щелочей; 6—12% нитропроизводных толуола или нафталина или дифенила; 0—2% растительной муки.

Эти сорта имеют большие преимущества перед динамитами, так как они способны совершенно не замерзать и кроме того значительно безопасней в обращении.

Желатин-астралит фирмы «Динамитное акционерное о-во А. Нобель и К°» имеет следующий состав: желатинированный динитрохлоргидрин,

включая нитроглицерин, 30%; смесь динитротолуола 10%; аммиачная селитра, азотнокислые щелочи и древесная мука 60%.

Этот сорт имеет следующие физико-химические данные: расширение в бомбе Трауцля 400 $см^3$, сжатие свинцового цилиндра 16 *мм*, скорость детонации 7 300 *м/сек*, теплота взрыва 1 227,5 *кал*, температура взрыва 2 534°, плотность 1,45.

Баланс кислорода взрывчатого вещества таков, что в продуктах взрывчатого разложения нет вредных газов.

Аммониты

Аммонитами называются взрывчатые вещества, представляющие собой механическую порошкообразную смесь аммиачной селитры с нитропроизводными; в некоторых случаях подобным смесям присваивается название аммоналов. Цвет аммонитов бывает самый различный — от светложелтого и сероватого до бурого и серого, в зависимости от состава компонентов.

В зависимости от содержания составных частей аммониты разделяются на нижеследующие типы (табл. 18):

Таблица 18

Аммониты по ОСТ 4117

Типы \ Состав	Натровая или калиевая селитра %	Аммиачная селитра %	Ксилил %	Тротил некристаллическ., кристаллическ. или сметки кристаллиз., омытые водой, %	Алюминий порошком, %	Канифоль, %	Динитронафталин %	Древесная мука или уголь, %
Аммонит № 1. . . .	—	86	9	—	5	—	—	—
		86	—	9	5	—	—	—
„ № 2. . . .	—	86—89	14—11	—	—	—	—	—
		86—89	—	14—11	—	—	—	—
„ № 3. . . .	—	82	18	—	—	—	—	—
		82	—	18	—	—	—	—
„ № 4. . . .	—	82	12	—	6	—	—	—
		82	—	12	6	—	—	—
„ № 5к . . .	—	81	10	—	6	2	—	1
„ № 5т. . . .	—	81	—	10	6	2	—	1
„ № 6. . . .	—	88	8 или 12	8	—	—	—	4
„ № 7. . . .	23	62	—	12	—	—	—	3
„ № 8. . . .	(состав Фавье)	88	—	—	—	—	12	—
„ № 9. . . .	(Шнейдерит № 2)	78	—	—	—	—	22	—

Требования, предъявляемые к аммонитам. 1. Не допускаются комки отдельных компонентов; при сжатии аммонита рукой он должен рассыпаться и не слеживаться в комок.

2. Не допускается засорение аммонита посторонними примесями (песком, щепами и др.), видимыми невооруженным глазом.

3. Не допускается запах аммиака.

4. При испытании на степень измельчения аммонит должен просеиваться через металлическое сито, имеющее не менее 300 отверстий на 1 $см^2$, причем должно просеиваться не менее 80% взятой пробы; остальные 20% пробы должны пройти через сито, имеющее не менее 170 отверстий на 1 $см^2$.

5. Содержание влаги допускается не более 0,5%; в аммоните же, предназначенном для подземных работ, влажность должна быть не более 0,2%.

6. Содержание остальных компонентов может колебаться в обе стороны от указанного заводом, но не более чем на абсолютную величину разрешенного допуска. Нерастворимых в воде и бензоле примесей допускается не более 0,5%.

7. Аммонит должен быть нейтральным.

8. При испытании стойкости нагреванием аммонит не должен выделять окислов азота.

9. При испытании на бризантное действие аммониты должны давать обжатие свинцовых столбиков: для аммонитов №№ 8 и 9 (состав Фавье и Шнейдерит № 2) не менее 8 *мм*; для аммонитов, не содержащих алюминия, не менее 8,5 *мм*; для аммонитов, содержащих алюминий, не менее 10 *мм*.

10. При испытании на фугасное действие аммониты должны давать расширение в бомбе Трауцля (за вычетом капсюльного эффекта): для аммонитов №№ 8 и 9 (состав Фавье и Шнейдерит № 2) не менее 260 $см^3$; для аммонитов, не содержащих алюминия, не менее 280 $см^3$; для аммонитов, содержащих алюминий, не менее 350 $см^3$.

11. При испытании на чувствительность к воспламенению от бикфордова шнура не допускаются быстрое воспламенение и детонация.

12. Гарантийный срок для аммонитов при нормальных условиях хранения не свыше 6 месяцев.

Свойства аммонитов. 1. Аммониты являются гигроскопичными взрывчатыми веществами, т. е. веществами, способными впитывать влагу. При незначительной влаге аммониты во время хранения настолько переуплотняются, что из порошкообразного состояния переходят в твердое, причем и в этом состоянии они не взрывают. Вообще незначительное переуплотнение аммонитов, бывающее при более или менее продолжительном хранении, влечет за собой неполные взрывы или частичные отказы. Поэтому перед заряжанием необходимо патроны аммонитов тщательно разминать руками, доводя их таким образом до порошкообразного состояния.

В случае поглощения значительного количества влаги — свыше 1,5%, его необходимо подсушить, развернув из патронов, и рассыпать на противнях согласно правилам безопасности. Никаких слипшихся комков в аммонитах не допускается.

При содержании влажности выше 5% аммонит допускается к употреблению лишь после предварительного испытания на влажность.

Допустимая плотность аммонитов 0,8—1,1.

2. Преимущества аммонитов по сравнению с динамитами заключаются в незамерзаемости их и малой чувствительности к механическим воздействиям и к действию пламени, делая их в противоположность динамитам безопасными в обращении.

3. Для взрыва аммонитов необходимо применять всегда наиболее мощный капсюль-детонатор.

4. Скорость детонации аммонитов значительно увеличивается при увеличении диаметра патронов, причем максимальная скорость детонации бывает при патронах диаметром 50—60 *мм*.

5. При заряжании мокрых шпуров, а также при работе в воде должен применяться только патронированный аммонит. При этом оболочка его может быть бумажной двойной, наружная сторона которой должна быть хорошо пропитана парафином, картонной или из плотной бумаги, осмоленной изолирующим составом.

6. Сорта аммонитов по ОСТ №№ 1 и 2 с содержанием не свыше 13% кристаллизованного тротила или сметок допущены НКТ СССР к применению в подземных выработках при условии, что эти сорта будут выпускаться с заводов в патронированном виде, в герметической укупорке с минимальной влажностью. Кроме этого на каждом патроне должны иметься надписи: 1) «для шахт, неопасных по газу или пыли», и 2) «Перед употреблением размишать руками».

Упаковка аммонитов. Аммониты укупориваются в железные гофрированные барабаны, окрашенные снаружи и внутри черным асфальтовым лаком, или в прорезиненные или пропитанные водонепроницаемым составом мешки, укладываемые в ящики из сухого дерева.

При упаковке аммонитов в барабаны между крышкой и самим барабаном должна быть помещена водонепроницаемая прокладка (резиновая или из просмоленных хлопчатобумажных концов); диаметр крышки должен равняться диаметру барабана. При укупорке в деревянные ящики швы и щели последних должны быть просмолены.

Вес аммонита нетто 25,0 *кг*.

Краткие сведения о технологии аммонитов. Основанием в аммонитах является аммиачная селитра. Аммиачная селитра, NH_4NO_3, представляет собой прозрачные кристаллы, содержащие согласно формуле 60% кислорода, 5% водорода и 35% азота. Азот находится в связанном состоянии — одной половиной в виде аммиака, а другой — в виде азота азотной кислоты. Эта соль на воздухе легко притягивает влажность. Нормальная соль, присоединяя азотную кислоту, дает кислые соли, $NH_4NO_3 \cdot 2HNO_3$ и $NH_4NO_3 \cdot HNO_3$, а присоединяя аммиак, — основные соли $NH_4NO_3 \cdot 2NH_3$ и $NH_4NO_3 \cdot NH_3$. Аммиачная селитра легко растворима в воде. По Бертелло, аммиачная селитра может разлагаться по нескольким уравнениям. Рассмотрим главнейшие из них.

$$NH_4NO_3 = HNO_3 + NH_3$$

Согласно этому уравнению реакция идет при слабом нагревании и даже при обыкновенной температуре. Разложение сопровождается поглощением тепла.

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

Реакция разложения на закись азота и воду происходит при постепенном нагревании выше 200°.

$$NH_4NO_3 = N_2 + 2H_2O + 0{,}5O_2$$

Реакция идет при внезапном и сильном подъеме температуры. Идет с выделением тепла и создает возможность детонации аммиачной селитры.

$$2NH_4NO_3 = 2NO + N_2 + 4H_2O$$

Реакция экзотермична и идет при недостаточно сильном инициировании.

$$4NH_4NO_3 = 3N_2 + 2NO_2 + 8H_2O$$

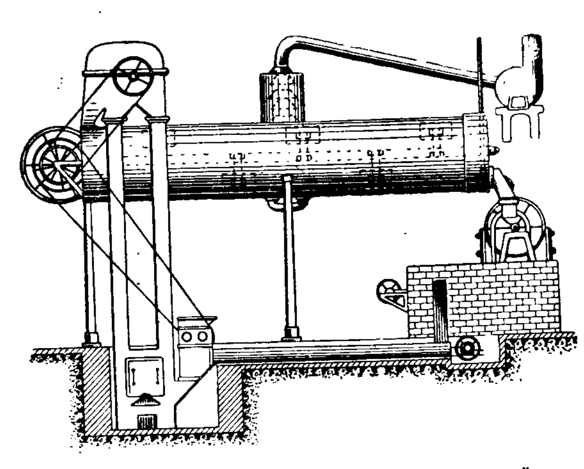
Последние две реакции получаются при быстром и сильном нагревании до 400—500°, например при помещении кристалла в раскаленную докрасна чашку.

Аммиачная селитра мало чувствительна к детонации, требуя для взрыва всегда особенно сильного капсюля-детонатора. Она имеет значительные преимущества перед другими взрывчатыми веществами: отсутствие твердого остатка при взрыве, большой объем газов (980 *л* от 1 *кг* при 0° и 760 *мм* давления) и высокое содержание азота.

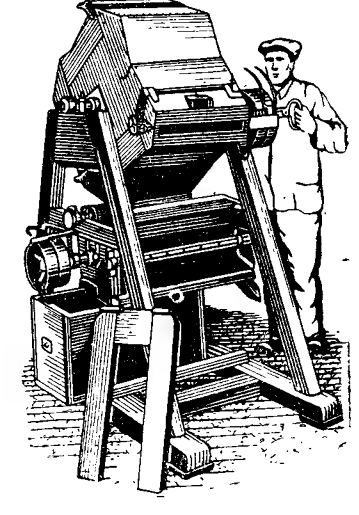
Процесс производства аммонитов слагается из следующих операций:

1. Сушка аммиачной селитры.
2. Измельчение аммиачной селитры.
3. Смешение компонентов аммонита.
4. Патронирование и укупорка.

Сушка аммиачной селитры производится в особых сушильных аппаратах (фиг. 23) или в шкафах, куда селитра, насыпаемая тонким слоем при



Фиг. 23. Аппарат для сушки аммиачной селитры.



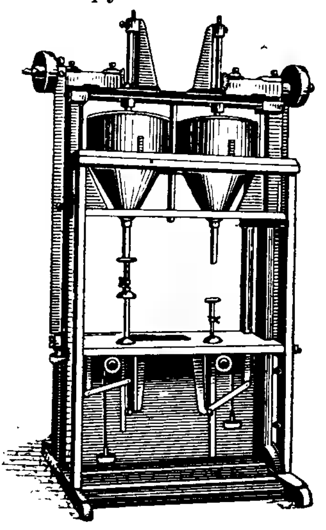
Фиг. 24. Барабан для смешения аммонитов.

температуре 50—70°, попадает на деревянных противнях. В связи со спеканием селитры под влиянием температуры после сушки она подвергается измельчению, которое производится на мельницах обычного типа. После измельчения селитры производится смешение ее с нитросоединениями. Для смешения существует несколько различных аппаратов. Наиболее распространенным способом является смешение в барабанах (фиг. 24).

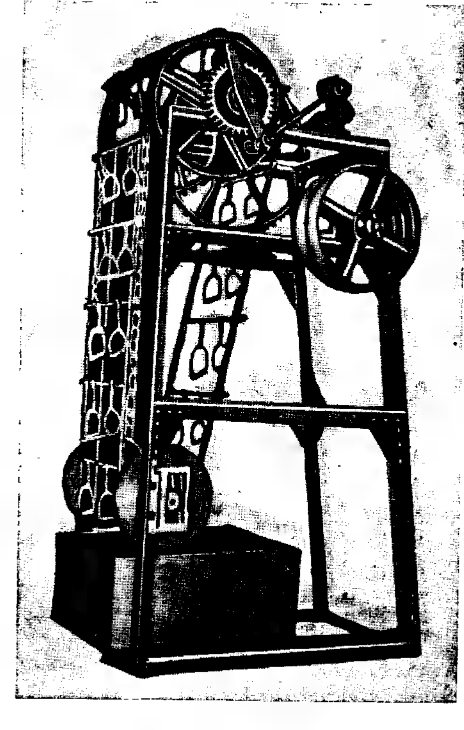
Во избежание отсырелости и распыления барабан герметически закрывается. Для наилучшего смешения в барабан закладываются шарики из бакаутового или другого твердого дерева. Для изготовления патронов

аммиачноселитренных взрывчатых веществ употребляются автоматические машины (фиг. 25).

Для лучшего предохранения от влаги патроны покрываются второй бумажной оболочкой, а сверху парафинируются, покрываются слоем расплавленного парафина (фиг. 26). Пропарафинированные патроны укладываются в картонные коробки, обвязываемые бумагой и также парафинируемые. Затем коробки укладываются в деревянные ящики, которые обязательно пломбируются.



Фиг. 25. Патронировочная машина для аммонитов.



Фиг. 26. Аппарат для парафинирования аммонитов.

Минный порох

Минный порох представляет собой сероселитроугольную механическую смесь, прессованную в зерна различной величины и формы.

Для взрывных работ употребляется минный порох следующих сортов: 1) сорт «О» (обыкновенный), 2) сорт «С» (соляной), 3) сорт «У» (углевой).

Состав минного пороха:

	селитры	серы	угля
1. Сорт „О"	75%	10%	15%
2. „ „С"	84%	8%	8%
3. „ „У"	70%	12%	18%

Требования, предъявляемые к минному пороху по ОСТ 4250.

1. Минный порох должен быть хорошо полирован графитом: зерна пороха должны иметь настолько твердую поверхность, чтобы не могли перетираться между пальцами; цвет их должен быть однообразный — темносизый с металлическим отливом.

2. При пересыпании пороха на листе белой бумаги не должно оставаться пороховой мякоти.

3. На поверхности зерен не должно быть белого налета выступившей селитры и желтоватых крапинок серы.

4. Порох не должен содержать комков, трудно растирающихся пальцами.

5. Зерна пороха должны иметь округлую форму.

6. Величина партии минного пороха должна быть не более 5 000 *кг*.

7. По величине зерен различают два вида минного пороха: крупный и мелкий.

Размер зерен крупного пороха от 3 до 8,5 *мм*.

» » мелкого пороха от 1,5 до 3 *мм*.

Отклонений от нормальных размеров допускается в сумме не более 5% по весу.

8. Влажность не более 1,0%.

9. Гигроскопичность не более 2%.

10. Гравиметрическая плотность от 0,9 до 1,10.

11. Действительная плотность 1,6—1,8.

12. Допускаемое количество пыли: 1) для крупного — не более 0,2%, 2) для мелкого — не более 0,1%.

Свойства минного пороха. 1. Минный порох является гигроскопичным взрывчатым веществом. При большом содержании влажности зерна пороха теряют блеск и свойственный им сизый цвет, делаясь матово-черными, постепенно слипаясь в комья. Если порох натянул не более 3—4% влажности, то по просушке поверхность зерен будет иметь однообразный цвет — такой порох еще годен к употреблению. При 5% влажности на поверхности пороховых зерен после их просушки выступает белый налет от выкристаллизовавшейся селитры. Такой порох действует уже слабее обыкновенного. В порохе с влажностью от 7 до 14% замечается разбухание зерен. По просушке он слипается в твердые комья, трудно раздавливаемые рукой. В таком виде порох не годен к употреблению и подлежит уничтожению. В силу этого хранение его должно быть обязательно в сухом помещении.

При палении в мокрых местах и местах с водой заряд пороха необходимо помещать в водонепроницаемую оболочку.

В качестве такой оболочки может служить хорошо проклеенная или просмоленная бумага, материя, железные и стеклянные банки и другие предметы.

2. Черный порох мало чувствителен к механическим воздействиям.

3. По отношению искры луча огня он является весьма чувствительным, моментально давая вспышку. Поэтому для взрыва зарядов минного пороха можно пользоваться одним бикфордовым шнуром без капсюля-детонатора.

4. Благодаря тому, что действие газов при взрыве зарядов черного дымного минного пороха выражается в постепенно нарастающем давлении, для обеспечения эффекта взрыва необходимо делать весьма прочную забойку.

5. Для увеличения фугасного действия пороха необходимо его детонировать запальными зарядами высокобризантных взрывчатых веществ (тротила или аммонита).

6. Скорость детонации минного пороха 400—500 *м/сек*.

Краткие сведения о технологии пороха. Как мы уже говорили, порох представляет собой механическую смесь серы, селитры и угля, поэтому наилучшее измельчение отдельных составных частей пороха обеспечит полную однородность состава, а следовательно и идентичность всех физико-химических свойств его.

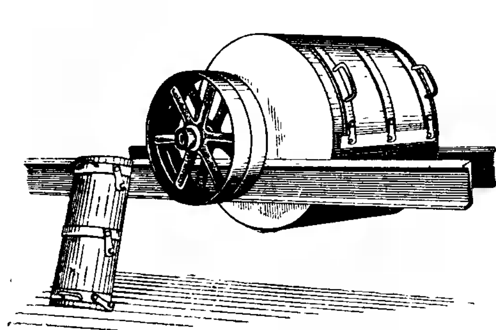
Технологический процесс производства минных порохов слагается из следующих основных элементов:

1. Измельчение компонентов смеси пороха отдельно и в двойных смесях.
2. Приготовление тройной смеси.
3. Прессование тройной смеси.
4. Зернение пороха, полировка, сушка, разымка, чистка и мешка.

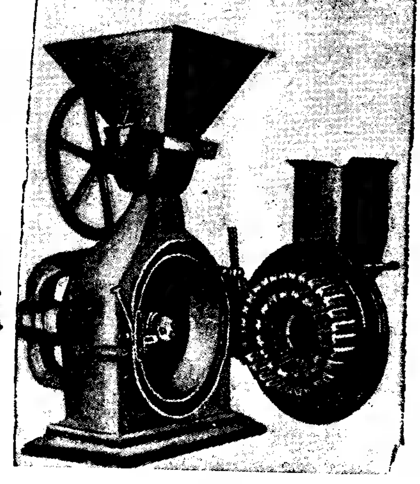
Для измельчения отдельных составных частей пороха, а также и двойных смесей служат различные аппараты.

Селитра, поступающая обычно в виде мелкой кристаллической муки, не требует предварительного измельчения, но для отделения от нее посторонних тел или могущих быть кусков ее просеивают через сита с отверстием 0,5 *мм*.

В случае же необходимости измельчение ее производят в особых барабанах или мельницах (фиг. 27).



Фиг. 27. Барабан для измельчения.



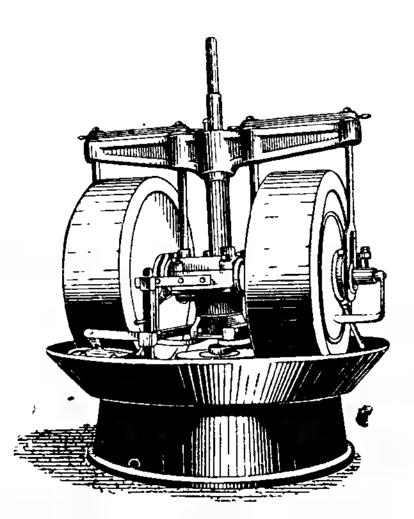
Фиг. 28. Мельница для измельчения селитры.

Предварительное измельчение угля производится на угольных мельницах и эксцельзиорах. Окончательное же измельчение производится в бочках при помощи бронзовых шаров или под бегунами (фиг. 28, 29, 30 и 31).

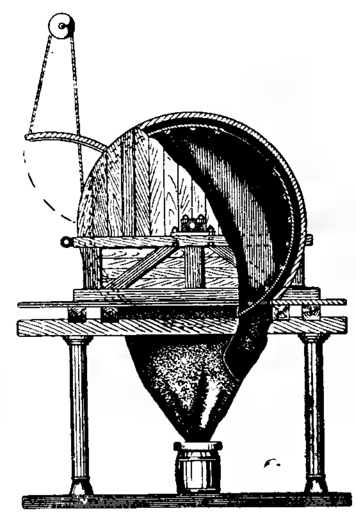
Указанные на фигурах барабаны помещаются в кожух, не пропускающий угольной пыли.

Имеющиеся бронзовые шарики совместно с прикрепленными к внутренней стене барабана поперечными брусками при вращении на оси бочки или барабана производят измельчение как отдельных составных частей, так и двойных смесей пороха.

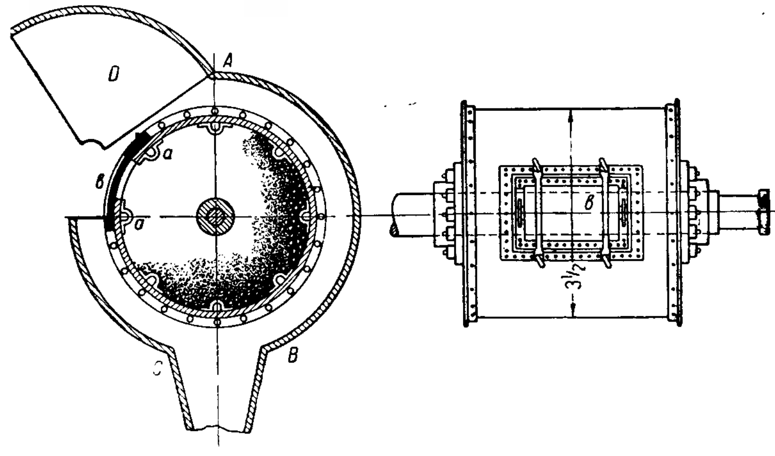
Во избежание воспламенения измельченный уголь обычно немедленно выгружается в бочки. Смешение его с селитрой или серой парализует это свойство. Измельчение серы в отдельности не производится, так как она при этом слипается. В связи с этим после измельчения селитры и угля приготовляют двойные смеси: селитроугольную и сероугольную. Смешение тройного состава производится также либо в барабанах либо под бегунами. Так как тройная смесь, являясь по-



Фиг. 29. Бегуны для измельчения.



Фиг. 30. Барабан для измельчения.



Фиг. 31. Барабан для измельчения.

роховым составом, чувствительна к механическим воздействиям, то барабаны делаются деревянные, внутри выложенные кожей, причем вместо бронзовых шариков применяются деревянные из твердых пород дерева: бакаута, белого бука, пальмы и др.

Такая обработка пороховой смеси имеет целью получить возможно лучшее смешение компонентов. Наилучшая обработка смеси получается

при обработке ее под бегунами, так как они благодаря производимому давлению на порох более тщательно перетирают его составные части, уничтожая отдельные более или менее крупные кусочки, мешающие более тесному соприкосновению отдельных компонентов. Бегуны состоят из двух цилиндрических катков, вращающихся на горизонтальной оси. Вся система вращается на вертикальной оси. Оба бегуна расположены на лежне, имеющем вид тарелки с закраиной в форме полого конуса. Обрабатываемый состав и укладывается на указанный лежень. Пороховой состав перед обработкой на бегунах, а также и во время обработки смачивается водой во избежание распыловки состава и возможного его взрыва.

Полученная под бегунами пороховая смесь называется бегунной лепешкой, плотность которой иногда бывает достаточной для изготовления некоторых сортов мелких порохов без дальнейшего ее прессования. Но для получения возможно однородной плотности, влияющей на баллистическое качество пороха, на его воспламеняемость и более совершенное горение, растертый бегунный состав подвергают прессованию на гидравлических прессах.

Спрессованная лепешка предварительно разбивается вручную на отдельные куски, которые дальше подаются на дробильную машину, после которой пороховые зерна рассортировываются по размерам через качающиеся сита.

Полученная под бегунами пороховая смесь называется бегунной углы, благодаря чему они легко могут перетираться в пороховую мякоть, быть более гигроскопичными и иметь недостаточную гравиметрическую плотность.

Для избежания этого пороховые зерна подвергаются полировке, производящейся в специальных дубовых барабанах. Полировка пороха производится графитом, который придает ему лоск и увеличивает гравиметрическую плотность. Кроме этого полированный порох менее чувствителен к влаге воздуха и несколько трудней воспламеняется.

После бегунной обработки и полировки порох содержит некоторый излишний процент влаги, которую обычно удаляют воздушной сушкой, заключающейся в пропускании тока воздуха, нагретого до температуры 20—60°.

После сушки производят окончательную сортировку или так называемую разымку пороха и чистку его от пороховой пыли.

Отделение от пороховой пыли состоит в всыпании пороха в небольшие длинные мешки, приводимые в такое движение, что порох пересыпается с одного конца мешка в другой и обратно. Пыль при этом просеивается через мешок.

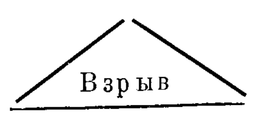
Укупорка пороха. Минный порох упаковывают в мешки из плотной равендучной ткани весом 50 *кг* мешок.

Хорошо завязанные мешки укладывают в прочные деревянные ящики из шпунтовых досок на шипах, при этом влажность досок для ящиков должна быть не свыше 15%. Дно ящика прикрепляется железными оцинкованными гвоздями, крышка — латунными шурупами. Толщина стенок деревянной тары должна быть не менее 1,5 *мм.*

На ящиках с минным порохом указывается название завода, вес нетто и тары, название пороха, сорт с указанием, крупный или мелкий,

номер ящика, номер партии, год выделки и надпись: «Не грузить с детонаторами, взрывчатыми веществами и бездымными порохами».

На крышке и всех боковых стенках ставят черной краской знак:



Оксиликвиты

Оксиликвиты — взрывчатые вещества на основе жидкого кислорода. Они представляют собой бумажные патроны определенного размера, наполненные органическим — горючим веществом — поглотителем и пропитанные перед заряжанием жидким кислородом. Следовательно это есть механическая смесь кислорода с каким-либо поглотителем. В качестве поглотителя может служить сажа, пробка, уголь активированный, сфагнум и т. п. Действие оксиликвитов основано на том же, что и действие твердых взрывчатых веществ, т. е. на весьма быстром разложении веществ, богатых углеродом и водородом.

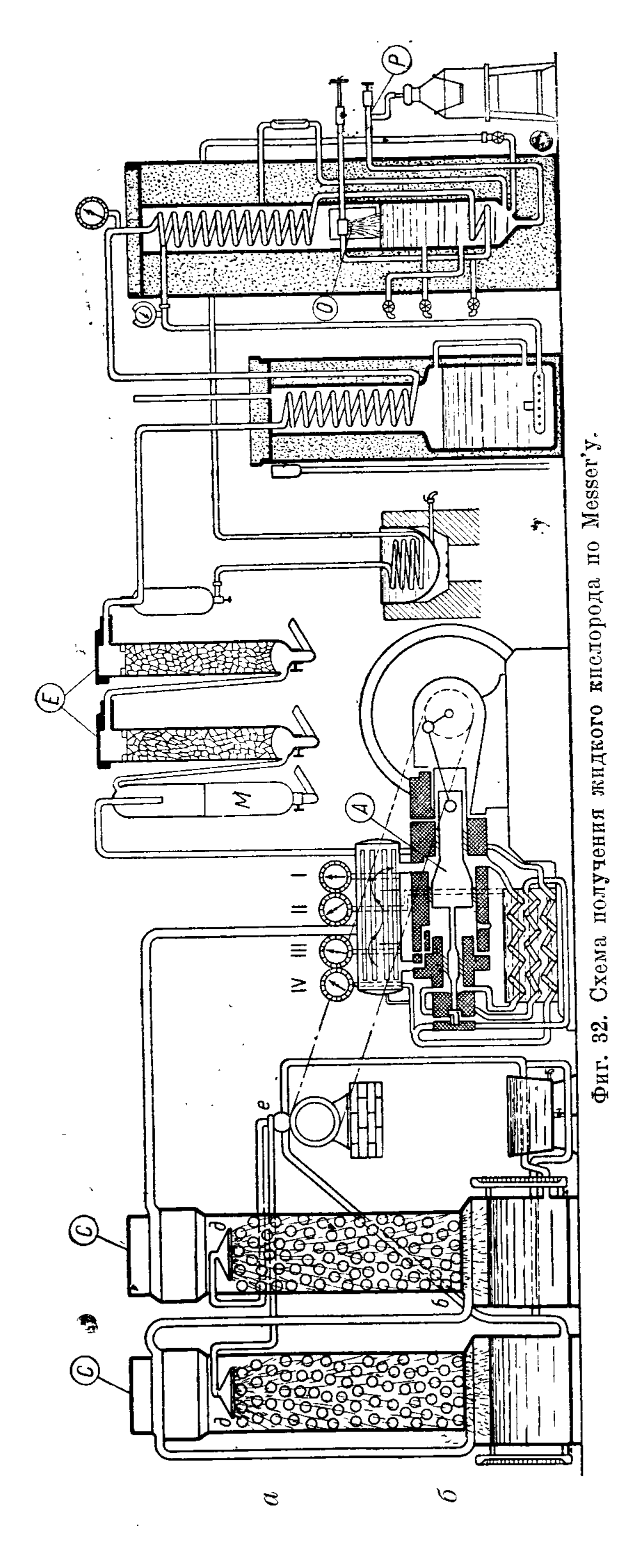
Выбирая тот или иной поглотитель, можно регулировать кислородный баланс, подбирая его с различными адсорбционными способностями. Меняя поглотитель и оставляя без изменения кислород, можно получить целую серию взрывчатых веществ с различными свойствами, начиная с метательного, равного по действию черному пороху, и кончая сильно бризантным динамитом. Эта особенность оксиликвитов является весьма ценной в практической работе.

Патроны, не пропитанные кислородом с одним поглотителем, взрывчатыми свойствами не обладают, т. е. являются безопасными. Точно так же и жидкий кислород в отдельности является безопасным. Жидкий кислород легко испаряется из патронов, благодаря чему все взрывчатые свойства, как плотность, температура взрыва, сила взрывчатого вещества и бризантность, падают, приближаясь к некоторому пределу, при котором взрывной способностью они уже не обладают.

Промежуток времени от момента полного насыщения патрона до того времени, когда в патроне остается только теоретически необходимое для полного взрыва количество кислорода, называется «жизнеспособностью» патрона. Эта величина зависит главным образом от диаметра патрона, причем колебания могут быть от нескольких минут до одного часа и выше.

Жидкий кислород получается из атмосферного воздуха. Сжижение атмосферного воздуха происходит чисто механическим путем и основывается в сущности на самоохлаждении, возникающем вследствие совершения внутренней работы, при быстром расширении воздуха с высокого давления на низкое. При падении с 200 до 1—2 *ат* температура понижается на 50°, причем за первым разрежением последуют следующие и температура жидкого воздуха может быть достигнута —191°.

Физико-химические данные жидкого воздуха. Жидкий воздух представляет собой молочнообразную жидкость, содержащую в виде суспензий твердую углекислоту. Жидкость эта имеет цвет опала и со-



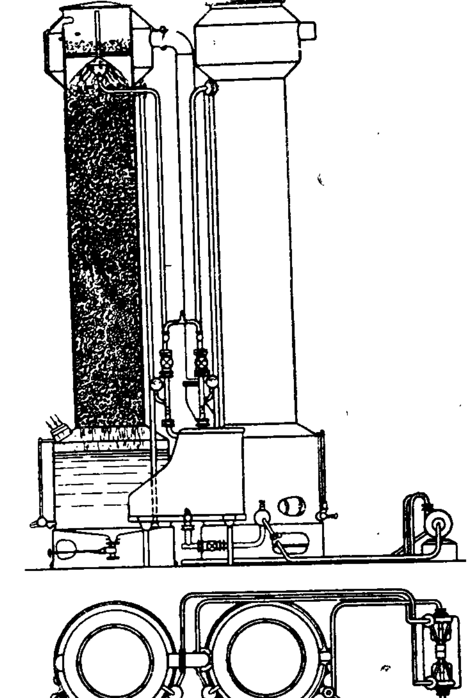
Фиг. 32. Схема получения жидкого кислорода по Messer'y.

стоит из жидкого кислорода, азота и твердой углекислоты. По мере удаления CO_2 путем фильтрации получается чистая и прозрачная жидкость голубого цвета.

Жидкий кислород — прозрачная, подвижная жидкость слабоголубого цвета. Вес 1 *л* жидкого кислорода при — 182,5° 1 120,8 *г*.

Один объем жидкого кислорода занимает 783—850 объемов газообразного O_2 при 90,5° абсолютной температуры.

Технологический процесс получения жидкого кислорода. Наиболее распространенными аппаратами для снижения воздуха являются аппараты системы: Messer'a, Glaude и Leylandt'a, Jinde.



Фиг. 33. Скруббер с центробежным насосом для очистки воздуха щелочью.

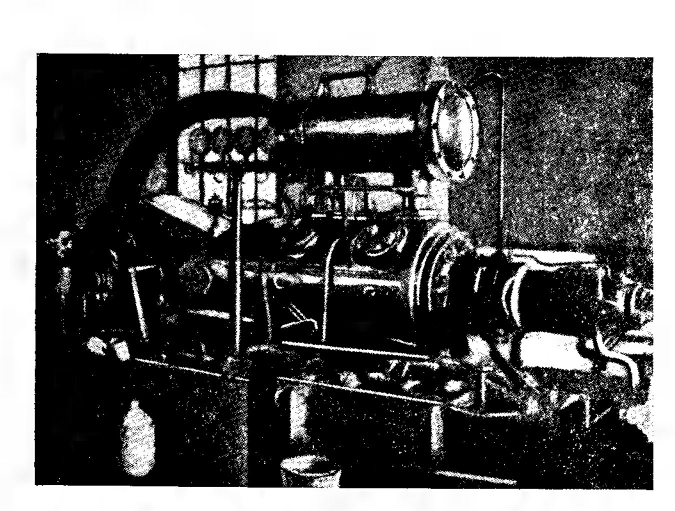
Ниже мы разберем получение жидкого кислорода по системе Messer'a, так как принцип получения у всех аппаратов общий. Процесс получения жидкого кислорода по способу Messer'a может быть разбит на следующие пять основных моментов (фиг. 32): 1) очищение воздуха от пыли и углекислоты; 2) сжатие воздуха до 180 *ат*; 3) просушка воздуха; 4) охлаждение воздуха; 5) сжижение воздуха и ректификация (разделение его на кислород и азот).

1. Очищение воздуха. Очистка воздуха от примесей имеет целью удаление содержащихся в перерабатываемом воздухе CO_2 и паров H_2O, а также механических включений — пыли, которая затрудняет выработку кислорода. Удаление углекислоты производится или при атмосферном давлении перед компрессором или между второй и третьей ступенями компрессора при давлении во второй ступени. Для очистки воздуха при атмосферном давлении служат две колонны (фиг. 33) из железа. Средняя часть колонн над решеткой *а* заполнена железными кольцами таким образом, чтобы верхний слой колец находился ниже разбрызгивателя.

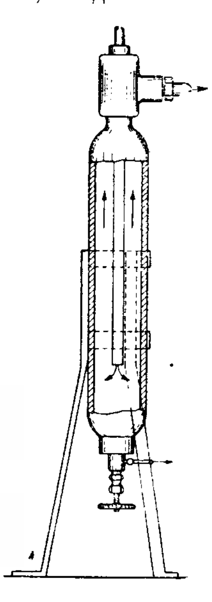
В основании колонн имеется раствор щелочи, круговращение которой поддерживается небольшим центробежным насосом. Воздух из атмосферы засасывается через трубу *а* (фиг. 32), пройдя которую, попадает в правую колонну очистителя снизу *б*, затем поднимается вверх, переходит по особой трубе вниз, второй колонны очистителя *в* и, пройдя ее, поступает в компрессор. Следовательно воздух, пройдя

обе очистительные колонны, обрабатывается в них по принципу противотока, раствором щелочи, льющейся из разбрызгивателей.

2. Сжатие воздуха. Очищенный воздух поступает для сжатия до 180 *ат* в четырехступенчатый компрессор (фиг. 34). Здесь он



Фиг. 34. Четырехступенчатый компрессор системы Messer'а.



Фиг. 35. Маслоотделитель.

проходит четыре ступени, последовательно сжимаясь в первой ступени до 3 *ат*, во второй — до 13 *ат*, в третьей — до 48 *ат* и в четвертой — до 180 *ат*. Ввиду того что воздух при сжатии нагревается, что может быть опасно, то для охлаждения компрессора и сжатого воздуха служит вода, циркулирующая свободно через верхнюю ванну *з* (фиг. 32), для охлаждения воздуха после сжатия до 3 *ат*, а нижняя ванна *л* служит для охлаждения сжатого воздуха из трех последующих ступеней.

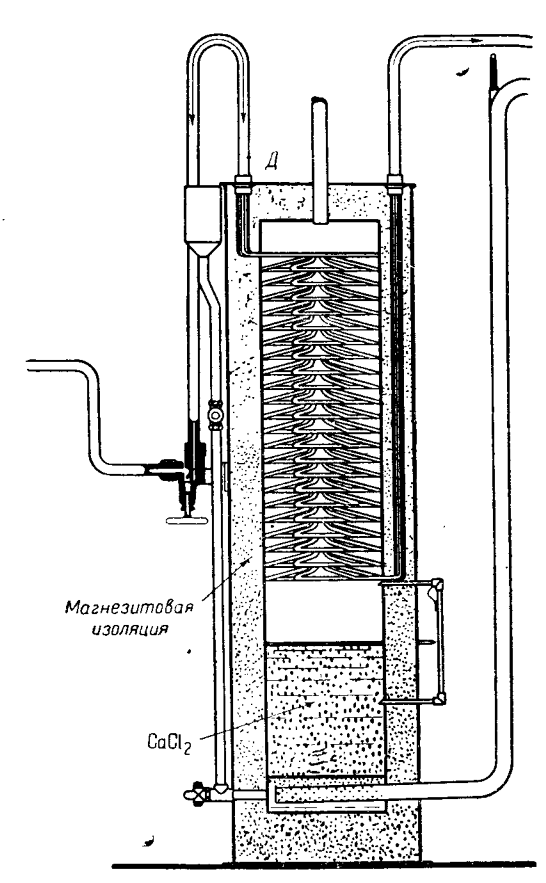
3. Просушка воздуха. Из последней ступени компрессора сжатый и охлажденный воздух поступает в маслоотделитель. Последний представляет собой (фиг. 35) пустотелый продолговатый баллон с пропущенной до высоты $^{1}/_{3}$ трубой. Процесс отделения масла в нем заключается в следующем: воздух с силой ударяет о дно цилиндра, затем поднимается по баллону вверх и уходит в сушильную батарею, масло же как более тяжелое собирается на дне баллона. Сушильная батарея (фиг. 36) состоит из четырех или шести одинаковых продолговатых баллонов, наполненных кусками едкого калия или натрия, которые служат как влагоотнимающее средство.

4. Охлаждение воздуха. Воздух, пройдя сушильную батарею с температурой $+30°$, поступает в азотный холодильник (фиг. 37), где происходит длинный путь по 12 тонким змеевикам, обмываемым холодным азотом который попадает сюда из сжижающего аппарата. Тем-

Фиг. 36. Сушильная батарея.

пература сжатого воздуха при выходе из холодильника доходит до $\pm 4 - \pm 8°$.

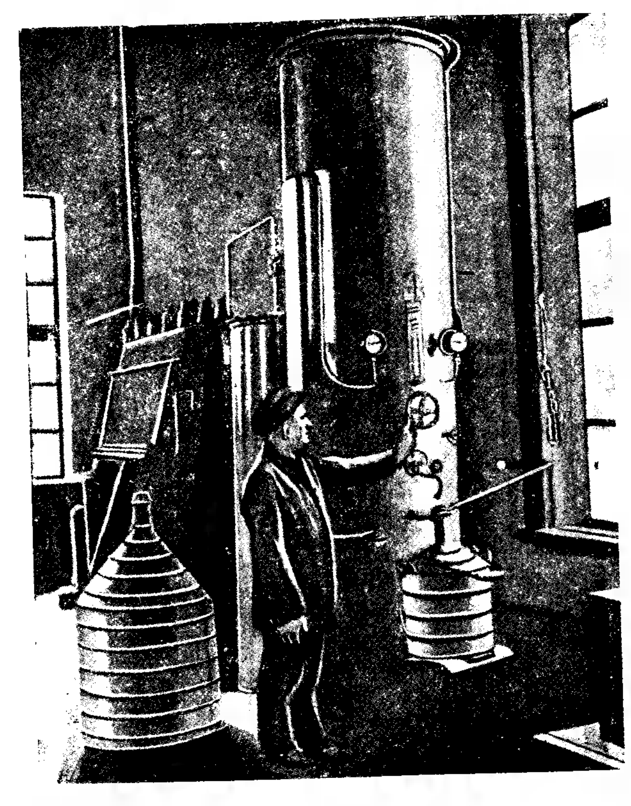
5. Сжижение воздуха. Из охладителя воздух попадает в сжижающий аппарат. Сжижающий аппарат (общий вид—фиг. 38) представляет собой полую колонку с толстыми теплонепроницаемыми стенками. Полость имеет сообщение с атмосферным воздухом через азотный охладитель. Нижняя часть полости служит резервуаром для жидкого кислорода *p* (фиг. 32). Верхняя часть полости служит помещением для уходящего свободного азота и вместе с тем охладителем сжатого воздуха. Сжатый воздух, поступив в сжижающий аппарат, проходит двумя трубопроводами - змеевиками, расположенными в верхней части полости, в среду холодного азота. Затем обе трубки входят в толщу стенки, опускаются вниз, входят в полость, проходят змеевиком над самым дном кислородной ванны, вновь входят в толщу стенки, соединяются в одну трубку, которая выходит в полость на половине ее высоты и кончается сжижающим клапаном. При открывании клапана сжатый воздух выпускается в полость, сообщающуюся с наружным воздухом, имеющую давление от 0,1 до 0,3 *ат*.



Фиг. 37. Азотный холодильник.

Сильное падение давления резко понижает температуру сжатого воздуха. Он теряет на каждую атмосферу 0,35°, в результате чего температура его опускается до 196°. Таким образом воздух в змеевике находится под влиянием давления и охлаждения — двух факторов, необходимых для превращения в жидкое состояние. Образовавшийся в змеевике жидкий воздух, вырываясь из клапана, испаряется в полости аппарата, но не нацело. Кислород с небольшой примесью азота остается жидким и стекает в резервуар, где, соприкасаясь, с донным змеевиком, имеющим значительно более высокую температуру, испаряется, поднимается вверх, встречает струю жидкого воздуха, причем кислород, имеющий температуру кипения — 183°, вновь сжижается и стекает в ванну. Азот же, температура кипения которого 196°, в свободном

состоянии поднимается вверх, обтекая змеевик сжижающего аппарата, переходит в азотный охладитель, проходит там через раствор хлористого кальция, $CaCl_2$, поднимается вверх, охлаждает сжатый воздух, проходящий по змеевику, и выходит в атмосферу.



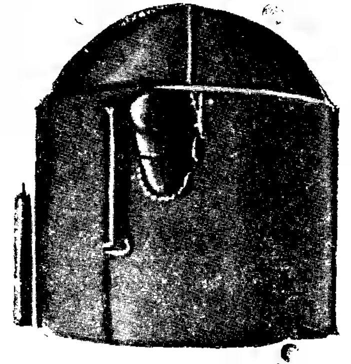
Фиг. 38. Аппарат для сжижения и ректификации воздуха системы Messer'а (производительностью 25 *кг/час*).

Для хранения больших количеств жидкого кислорода служат специальные стационарные танки (фиг. 39 и 40). В настоящее время имеются танки емкостью от 1 000 до 12 000 *л*. Они представляют собою двустенные цилиндрические или шаровые резервуары. Пространство между стенками заполнено изоляционным слоем (магнезитом). При помощи системы труб — змеевика, заложенного в изолирующем слое, испаряющийся кислород используется для охлаждения танка.

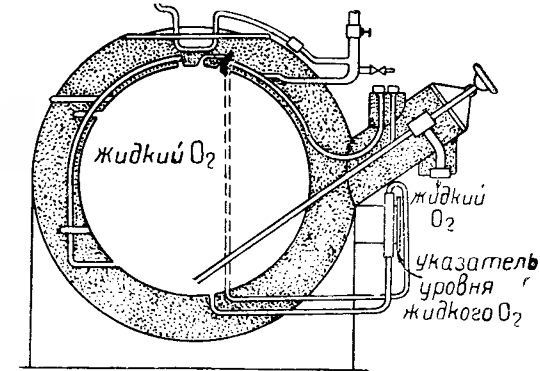
Для хранения и перевозки жидкого кислорода от сжижающих установок до места потребления служат специальные баллоны (фиг. 41).

Указанные баллоны делаются исключительно из металла, меди, железа, латуни и состоят из оболочки и двух полых шаров, оканчивающихся длинной шейкой и находящихся один в другом. Между шарами, оставляется пространство — вакуум, исполняющий роль термической изоляции. Асбестовая прокладка, которой обложена наружная

поверхность большого шара, играет ту же роль. Шарообразные сосуды между собой скреплены таким образом, что внутренний может свободно колебаться в наружном. Вместе они заключены в прочный металлический

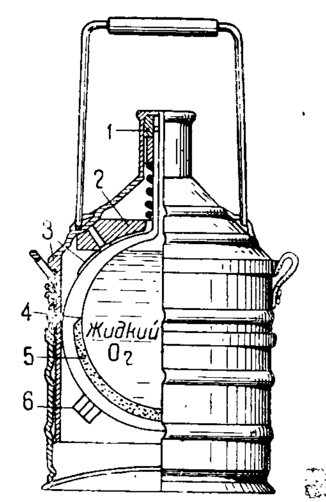


Фиг. 39. Стационарный танк.

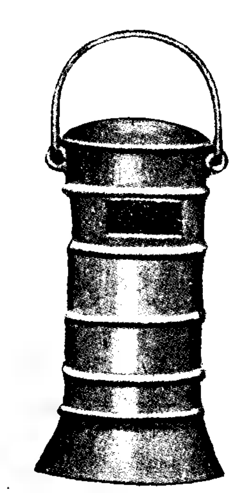


Фиг. 40. Стационарный танк.

или деревянный кожух, предохраняющий их от механических повреждений. Оба сосуда укреплены в кожухе на спиральной пружине, вокруг горлышка, что сильно смягчает толчки. Между внутренним и наружным шарами в коробке помещается активированный уголь, который при наполнении сосуда жидким кислородом, при охлаждении, адсорбирует последние остатки воздуха из вакуума.



Фиг. 41. Баллон для транспортирования жидкого кислорода.



Фиг. 42. Цилиндрический термос.

Время от времени баллоны должны промываться четыреххлористым углеродом или бензином, а после ополаскиваться раствором едкой щелочи. Для насыщения патронов жидким кислородом служат термосы

цилиндрические и прямоугольные (фиг. 42). Указанные термосы делаются из оцинкованного железа или меди с двойным дном и пробковой или магнезитовой изоляцией.

Наиболее экономичными являются прямоугольные термосы, так как в них уровень жидкости находится на 50 *мм* ниже верхнего края термоса, благодаря чему пространство, заполненное холодными газами, изолирует жидкость от теплого атмосферного воздуха, между тем как цилиндрические заполняются кислородом доверху, благодаря чему сильно увеличивается испарение содержимого сосуда (табл. 19).

Таблица 19

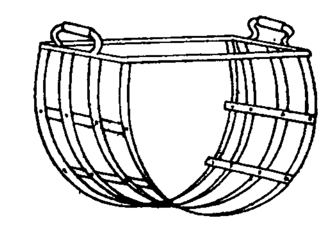
Прямоугольные термосы для насыщения патронов

Наружные размеры, *мм*			Полезный объем		Тара *кг*	Вмещает патронов с диаметром		
длина	ширина	высота	*l*	*кг*		30 *мм*	38 *мм*	44 *мм*
390	190	180	5,25	5,92	7,3	15	10	7
400	325	375	23,5	26,5	18,3	76	48	34
400	485	445	45,5	51,5	32,0	135	90	60

Цилиндрические термосы для насыщения патронов

Диаметр *мм*	Высота *мм*	Полезная емкость		Размеры *мм*				Вес чистого термоса, *кг*	Вмещает патронов длиной 300 *мм* диаметром в *мм*						
		l	*кг*	*а*	*в*	*с*	*кг*		30	32	35	38	**40**	42	44
100	340	2,6	2,93	145	225	500	80	4,5	6	5	4	4	4	3	3
150	340	6,0	6.78	200	250	500	80	7,5	15	14	11	9	9	8	8
200	340	9,0	10,17	250	280	500	80	12,0	26	24	20	18	17	15	14
250	340	16,6	18,75	310	310	500	80	17,0	40	38	30	27	27	24	22

Для облегчения работы при насыщении патроны укладываются на сетку из медной проволоки (фиг. 43), при помощи которой после насыщения они все сразу вынимаются из термоса. Порядок работы при насыщении сводится к следующему: сначала приливается в термос небольшое количество жидкого кислорода, исключительно для охлаждения; затем в термос вводят патроны на медной сетке и заливают сосуд жидким кислородом. При насыщении патронов постепенно выделяются воздушные пузырьки, вытесняемые жидким кислородом. Конец насыщения можно узнать по полному погружению всех патронов. Рекомендуется выждать еще 10 минут для окончательного вытеснения из патронов всех могущих остаться в патроне воздушных пузырьков.



Фиг. 43. Сетка из медной проволоки.

Мы уже говорили, о том, что мощность взрыва оксиликвитов будет зависеть от поглотителя, следовательно, подбирая поглотители, богатые углеродом, при достаточной плотности и высокой адсорбционной способности по отношению к жидкому кислороду и небольшой скорости испарения, т. е. большей жизнеспособности, максимальный эффект взрыва оксиликвитов и полное использование их будут обеспечены. В основном поглотители можно разбить на два класса: к первому относятся вещества, содержащие большой процент углерода и обладающие интенсивной способностью поглощать жидкий кислород: карбен, сажа, древесный и каменный уголь, активированный уголь, кокс, ко второму относятся вещества, обладающие большой способностью поглощать жидкий кислород, но с малым содержанием углерода: пробковая пыль, древесные опилки, мох, сфагнум, торф и др. Иногда для получения высокой температуры при взрыве в состав поглотителя вводят порошкообразные металлы.

Наилучшим поглотителем является сажа, содержащая иногда до 99% углерода. Она обладает исключительными адсорбционными свойствами до 400% и более, в особенности некоторые ее сорта. Поглотитель древесный уголь, применяемый в измельченном виде, так же, как и сажа, характеризуется большой теплотворной способностью — до 8 000 *кал*. К положительным свойствам угля можно отнести его относительно большую пористость. Поглотители древесная и пробковая мука по своим физико-химическим свойствам близки между собою, но последняя отличается более высокой адсорбционной способностью. Кроме того, при взрыве она требует мало кислорода и поэтому применяется обычно в смеси с другими углеродистыми веществами.

Поглотитель должен быть всегда хорошо измельченным. Наивыгодная плотность набивки для практических целей будет от 0,24 до 0,28.

Плотность набивки можно определить, исходя из веса патрона по формуле:

$$\text{Плотность набивки} = \frac{\text{вес патрона}}{\text{объем патрона}},$$

где объем патрона равен $\Pi \frac{D^2 h}{4}$,

D — диаметр патрона,

h — высота патрона.

В качестве оболочки для гильз патронов может служить обыкновенная обёрточная бумага, но в основном к ней могут предъявлять следующие требования: 1) не должна быть хрупкой и ломаться при температуре — 183°, 2) должна хорошо пропускать жидкий кислород и давать небольшие испарения.

Ввиду того что диаметр патронов влияет на их жизнеспособность, т. е. с уменьшением диаметра жизнеспособность их также уменьшается и наоборот, то естественно, что для увеличения жизнеспособности патрона необходимо стремиться делать больший диаметр его. Самым меньшим диаметром может быть патрон 30 *мм*, жизнеспособность которого 5 *мм*.

Скорость насыщения жидким кислородом зависит также только от диаметра патрона. При этом необходимо указать, что длина ни в какой мере ни на то, ни на другое никакого влияния не оказывает, и нормальная длина оксиликвитных патронов 300 *мм*.

Насыщение патронов производят на месте производства взрывных работ. Патроны обычного диаметра 38×300 требуют для насыщения 15—18 минут времени.

После насыщения патроны вынимаются и складываются в ручные термосы (сосуды из жести с двойными стенками и с промежутком, заполненным изоляционным материалом). Запальщики разносят термосы с патронами по забоям. В боевике делают деревянной палочкой отверстие и вставляют детонатор с огнепроводом. Около каждого из шпуров заранее кладется необходимое количество наполненных песком патронов несколько меньшего диаметра (промежуточная забойка). Патроны эти опускаются в шпур между одним или двумя окси-патронами. Поверх боевого патрона опускаются песочные патроны (конечная забойка) диаметром несколько больше, нежели промежуточная, для образования забойной пробки. Благодаря промежуточным песочным патронам сила взрыва получается распределенной по длине шпура, отчего разрыхление породы происходит равномерно.

Вследствие того, что жидкий кислород сравнительно быстро испаряется из патронов, время зарядки и палення при неглубоких шпурах ограничивается 8—10 минутами; в глубоких шпурах большого диаметра время зарядки благодаря меньшему испарению может длиться до 45 минут.

Для паления бурок с оксиликвитом обычный бикфордов шнур негоден, так как оплетка его тлеет и передает искры, а горение пороха сердцевины в атмосфере испаряющегося кислорода в шпуре дает в смеси с кислородом горючие газы, что иногда может вызвать преждевременные взрывы. Поэтому для паления применяется специальный шнур с нетлеющей оболочкой. Для возбуждения взрыва оксиликвитов необходимо применять азидотетриловый капсюль-детонатор, который весьма мало чувствителен к влаге и низким температурам.

Скорость детонации оксиликвитных взрывчатых веществ лежит между 3 000 и 5 000 *м/сек*, т. е. между скоростями динамитов и аммонитов. Несмотря на то, что с испарением кислорода из патрона скорость детонации падает[1], все же оксиликвитные взрывчатые вещества при весьма низком содержании кислорода в патроне имеют еще достаточно большие скорости детонации.

Свойства оксиликвитов. 1. Оксиликвитные взрывчатые вещества чувствительны к удару и в этом отношении они опаснее пироксилина, аммонала и черного пороха. Еще более чувствительны те, в поглотителе которых имеется металлический порошок и самым поглотителем которых служит сажа.

2. От действия огня и бикфордова шнура они сгорают ярко ослепительным пламенем.

[1] Это имеет противоречие с результатами работы Каста, установившим, что скорость детонации не зависит от процента испаряющегося кислорода и остается постоянной даже при заведомо недостаточном для полной детонации содержании кислорода.

3. По эффекту взрыва они приблизительно равны 62%-ному динамиту.

4. При правильно подобранном поглотителе оксиликвиты не дают вредных газов.

5. Отказавшие шпуры не являются опасными, ибо уже через 20 минут после взрыва кислород испаряется, и в шпуре останется только лишь один поглотитель.

6. Адсорбционные свойства поглотителей зависят от плотности набивки, степени измельчения и индивидуальных качеств поглотителей.

7. Жизнеспособность оксиликвитных патронов зависит главным образом от их диаметра, плотности набивки и конструкции гильз.

Стоимость оксиликвитных взрывчатых веществ слагается из стоимости жидкого кислорода и патронов.

Стоимость 1 *кг* жидкого кислорода находится в сильной зависимости от конструкции установки и стоимости электроэнергии. Последняя составляет от 35 до 50% всей стоимости жидкого кислорода.

На два патрона-поглотителя весом 125—130 *г* каждый, учитывая потери, требуется 1 *кг* жидкого кислорода, или 14 + 23 = 37 коп., кругло 40 коп. за 1 *кг*. Стоимость 83%-ного динамита со всеми накладными расходами выражается около 2 р. 20 к. за 1 *кг*. Стоимость 1 *кг* аммонала с расходом на патронировку для применения во влажных

Таблица 20

Стоимость 1 *кг* жидкого кислорода

Элементы расходов	В Германии при производит. 100 *кг/час* с двойной ректификацией (сист. Неуланда) 1929 г., пф.	
Энергия	1,3	3,90
Химические реагенты	10	0,65
Смазка и обтирочный материал		0,20
Вода для охлаждения		0,05
Обслуживание с накладными расходами		0,80
Амортизация		2,80
Процент на вложенный капитал		1,70
Ремонт и пр.		0,90
Итого		11,00

Таблица 20а

Сравнительные константы различных взрывчатых веществ и оксиликвитов

	Плотность взрывчатых веществ: одного поглотителя	Плотность взрывчатых веществ: готового в. в.	Теплообразование: на гр. мол.	Теплообразование: на 1 *кг*	Теплота сгорания: в газообразн. кислороде	Теплота сгорания: вычисленная при 97%-ном кислороде	Максимальная теплота при взрыве	Объем газов при взрыве	Температура взрыва	$f = \frac{p_0 v_0}{273} T$	Расширение в бомбе Трауцля, *см³*	Скорость детонации	Величина сжатия медного цилиндрика, *мм*	Потенциальная энергия T=427 *кг/м*
Карбен	0,26	1,04	0	0	—	8 826	2 180	615	5 750	14 100	535	4 700	3,25	928 700
Сажа	0,21	0,73	21	62	7 800	7 146	1 995	535	6 500	13 715	530	4 680	2,35	723 600
Пробковая пыль	0,22	0,63	61	2 140	6 660	4 608	1 660	700	4 195	11 840	510	3 300	2,35	707 100
Древесная мука	0,38	0,82	322	1 677	3 600	3 383	1 535	700	4 095	11 575	450	3 610	2,25	653 900
Торф	0,23	0,53	367	1 480	4 360	3 990	1 670	700	4 385	12 340	485	3 275	2,20	714 400
Гремучий студень	—	1,60	—	437	—	—	1 565	710	4 365	12 465	440	7 800	5,0	666 700
Желатин-динамит	—	1,66	—	793	—	—	1 295	630	3 700	9 490	375	6 100	3,9	551 700
Гурдинамит	—	1,68	—	1 076	—	—	1 120	540	3 490	7 690	300	6 650	3,1	529 100
Донарит	—	1,14	—	963	—	—	930	900	2 620	9 855	365	3 700	1,85	396 200
Шеддит	—	1,3	—	666	—	—	1 185	335	4 500	6 090	250	2 500	1,6	504 900
Черный порох	—	1,2	—	1 093	—	—	665	280	2 380	280	0	300—400	0	27 900

шпурах, хранение и перевозку 1 р. 80 к. за 1 *кг*. По данным Контрольно-технического бюро Днепростроя, все расходы, связанные с применением 1 *кг* жидкого кислорода, выражаются около 60 коп., а на аммонал эти расходы выражаются суммой 2 руб. (при эквивалентном соотношении оксиликвита к аммоналу по взрывной силе 1,30 : 1), считая все испарения.

За последнее время оксиликвиты, все более внедряясь в горную промышленность, нашли свое широкое применение в таких странах, как Германия, Франция, Япония, САСШ и др. Большинство предприятий калийной промышленности Германии за последнее десятилетие непрерывно применяют оксиликвиты, железорудная промышленность Эльзас-Лотарингии базирует свои горные работы тоже на применении оксиликвитов.

В условиях нашей горной промышленности оксиликвиты постепенно завоевывают свое место. Особенно ценны они для применения на отдаленных окраинах, куда взрывчатые вещества доходят через более или менее продолжительное время, изменяя свои физико-химические свойства под влиянием времени и условий перевозки. Наличие дешевой электроэнергии, от которой в основном зависит стоимость оксиликвитов, еще более решает вопрос в пользу их. У нас оксиликвитные взрывчатые вещества впервые нашли применение на Днепрострое.

Тротил, или тол

$$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$$

Тротил представляет собой продукт обработки толуола смесью азотной и серной кислот. Реакция образования тротила идет следующим образом:

$$C_6H_5CH_3 + 3HNO_3 = C_6H_2(NO_2)_3CHO_3 + 3H_2O$$

Материал, идущий на его изготовление — толуол, является продуктом перегонки каменноугольной смолы и является следующей фракцией после бензола. В чистом виде это — прозрачная жидкость, имеющая своеобразный запах, температуру кипения 110° и удельный вес 0,87.

При нитровании толуола водородные атомы одной, двух или трех групп СН замещаются нитрогруппой, соответственно чему получаются моно-, ди- и тринитротолуолы.

Тротил есть кристаллический порошок желтого цвета. Он является бризантным взрывчатым веществом и по своим качествам бывает двух сортов: 1) тротил кристаллизованный и 2) тротил некристаллизованный.

Кроме этого тротил может быть прессованным в виде твердой кристаллической массы желтого цвета и плавленым также в виде массы, но коричнево-желтого цвета.

И тот и другой могут быть в виде шашек, призм и цилиндров, имеющих отверстие для помещения капсюля.

Требования, предъявляемые к тротилу. 1. Кристаллизованный тротил должен иметь вид мелкого кристаллического порошка светложелтого

цвета, не заключать в себе посторонних примесей, видимых на-глаз, представлять собой совершенно однородную массу и не носить явных признаков подмочки. При просеивании взятой пробы через прозолоченное сито со стороной ячеек в 3 *мм* весь тротил должен проходить без остатка.

Тротил некристаллизованный может иметь вид зерен или кусков весом до 0,5 *кг*, причем он не должен заключать в себе посторонних примесей, видимых на-глаз, не носить признаков подмочки и быть не темнее эталона.

2. Температура затвердевания не ниже[1] 80 и 76°.

3. Влажность и летучих веществ не более 0,05 и 0,10%.

4. Кислотность в переводе на серную кислоту (азотной кислоты допускаются только следы) не более 0,02 и 0,10%.

5. Нерастворимых в бензоле примесей не более 0,15 и 0,12%.

6. Маслянистость не более, чем у тротила, принятого за эталон для каждого сорта.

Свойства тротила. 1. Тротил мало чувствителен к толчкам и ударам.

2. От действия огня он сначала плавится, затем загорается и горит медленно коптящим желтым пламенем без взрыва.

3. Загорается также при быстром нагревании до высокой температуры; частичный взрыв может быть при быстром нагревании до + 240°.

4. Вода и влажность в весьма незначительной степени действуют на тротил, почти не изменяя его взрывчатые свойства.

5. При взрыве тротил выделяет ядовитые газы — окись углерода.

6. Тротил дает 15-миллиметровое сжатие свинцовых цилиндриков при весе заряда 50 *г* и 360 *см*^{3} расширения в бомбе Трауцля.

Тротил имеет применение в аммонитах, являясь составной частью их, и идет на снаряжение капсюлей-детонаторов.

Для увеличения детонирующего действия при взрывах больших зарядов применяется тротил в шашках, причем прессованный тротил взрывается капсюлем, а плавленый — от порошкообразного или прессованного, для чего в шашках плавленого тротила кругом отверстия для капсюля помещают прессованный тротил.

Мелинит

$$C_6H_2(NO_2)_3OH$$

Мелинит — пикриновая кислота — представляет собой продукт обработки фенола (карболовой кислоты) смесью азотной и серной кислот. Реакция получения мелинита:

$$C_6H_5(OH) + 3HNO_3 = C_6H_2(NO_2)_3OH + 3H_2O$$

Пикриновая кислота — кристаллический порошок лимонно-желтого цвета, очень горький на вкус. При изучении мелинита необходимо учесть следующие моменты:

1. Мелинит бывает плавленый и прессованный.
2. Температура плавления мелинита 122,5°.

[1] Здесь и дальше первые цифры даются для тротила кристаллизованного, вторые — для тротила некристаллизованного.

3. Мелинит немного растворим в холодной воде и хорошо растворим в горячей.

4. Быстрое повышение температуры до 300° вызывает взрыв мелинита, подобно обыкновенному черному пороху.

5. Мелинит загорается от действия огня; горение в малых количествах происходит медленно и сильно коптящим пламенем.

6. Мелинит по отношению к механическим воздействиям менее безопасен, чем тротил.

7. Кристаллический мелинит дает сжатие свинцовых цилиндриков 18 *мм* при заряде 50 *г* и расширение в бомбе Трауцля 378 $см^3$ при заряде 10 *г*.

7. При взрыве мелинита выделяется большое количество вредных ядовитых газов — окиси углерода, благодаря чему он допущен только на открытых разработках.

Реакция разложения следующая:

$$2C_6H_2(NO_2)_3OH = CO_2 + H_2O + 11CO + 2H_2 + 3N_2$$

8. Обладая свойством кислоты, мелинит способен замещать свой гидроксильный водород металлом, образуя пикраты, являющиеся более опасными в обращении, чем пикриновая кислота. Пикраты взрываются даже от воспламенения огнем, удара и трения.

Динитронафталин

$$C_{10}H_6(NO_2)_2$$

Динитронафталин является продуктом обработки нафталина смесью азотной и серной кислот. Реакция получения динитронафталина следующая:

$$C_{10}H_8 + 2HNO_3 = C_{10}H_8(NO_2)_2 + 2H_2O$$

По наружному виду он представляет порошкообразное вещество светло-шоколадного цвета.

Таблица 21

Требования, предъявляемые к динитронафталину по ОСТ 2940

Физико-химические свойства	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
1. Внешний вид	Динитронафталин должен быть совершенно однородным, порошкообразным или гранулированным и не содержать видимых на-глаз посторонних примесей.		
2. Температура застывания не ниже	150°	150°	150°
3. Влажность в летучие вещества не более	0,5%	0,5%	0,5%
4. Нерастворимых веществ в смеси ацетона и ксилола не более	0,2%	0,3%	0,5%
5. Золы не более	0,2%	0,2%	0,3%

Физико-химические свойства	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
В том числе			
кремнезема не более	0,05%	0,05%	0,05%
свинца не более	Не допуск.	Следы	0,03%
железа	Следы	Следы	Неопредел.
6. Кислотность (на H_2SO_4) не более	0,1%	0,1%	0,02%

Свойства динитронафталина. 1. Динитронафталин мало чувствителен к трению и удару и вообще к механическим воздействиям.

2. От действия огня он с трудом загорается и слабо горит желтым коптящим пламенем.

Динитронафталин является одним из компонентов аммонитов — состав Фавье.

Тетрил

$$C_6H_2(NO_2)_3N(NO_2)CH_3$$

Тетрил — порошок лимонно-желтого цвета, представляющий собой продукт нитрации диметиланилина. Реакция получения тетрила следующая:

$$C_6H_5.N.(CH_3)_2 + 10HNO_3 = C_6H_2(NO_2)_3\ N.(NO_2)CH_3 + 6NO_2 + CO_2 8H_2O$$

Свойства тетрила. 1. Тетрил является взрывчатым веществом, наиболее чувствительным к механическим воздействиям, чем мелинит и тротил.

2. Тетрил обладает большой бризантной силой и является легко детонирующим взрывчатым веществом, благодаря чему эти свойства в связи с большой плотностью делают тетрил хорошим вторичным инициальным взрывчатым веществом.

3. Сжатие свинцовых цилиндриков заряд тетрила в 50 *г* дает 25 *мм*, а расширение в бомбе Трауцля при заряде в 10 *г* 480 $см^3$.

Применяется тетрил только лишь для снаряжения капсюлей-детонаторов.

Таблица 22

Требования, предъявляемые к тетрилу по ОСТ 3514

Физико-химические свойства	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
1. Внешний вид для всех сортов	Мелкокристаллический порошок без механических примесей, видимых на-глаз.		
2. Цвет	Соломенно-желтый		
3. Температура затвердевания не ниже	127,7°	127,7°	127,7°
4. Влажность и летучих веществ не более	0,02%	0,02%	0,05%
5. Нерастворимых в ацетоне примесей не более	0,1%	0,25%	0,25%
В том числе			
золы не более	0,05%	0,05%	0,05%
кремнезема не более	0,015%	0,02%	0,02%
6. Кислоты в пересчете на H_2SO_4 не более	0,01%	0,01%	0,015%
7. Окиси азота на 1 *г* при температуре 0°, давлении 760 *мм* не менее	75 $см^3$	75 $см^3$	65 $см^3$

Пироксилин

$C_{24}H_{29}(NO_2)_{11}O_{20}$

Пироксилин образуется при действии крепкой азотной кислоты на клетчатку. Реакция получения пироксилина следующая:

$$C_{24}H_{40}O_{20} + 11HNO_3 = C_{24}H_{29}(NO_2)_{11}O_{20} + 11H_2O$$

Клетчатка, идущая на изготовление пироксилина, представляет собой обезжиренный хлопок-вату, очесы и т. п.

Под действием смеси концентрированных кислот — азотной и серной — хлопок не претерпевает никаких видимых изменений в своем наружном виде и превращается в азотный эфир клетчатки или нитроцеллюлозу.

В зависимости от состава кислотной смеси, идущей на нитрацию, получаются 11-, 10-, 9- и 8-азотные пироксилины, обладающие различными физико-химическими свойствами и имеющие различное назначение.

Одиннадцатиазотный пироксилин является наиболее могущественным из азотнокислых эфиров целлюлозы. Он является прекрасным бризантным взрывчатым веществом.

В горном деле пироксилин в чистом виде не применяется, но входит в состав динамитов. Особый сорт пироксилина, идущий на изготовление динамитов, называется коллодионным хлопком.

Требования, предъявляемые к коллодионному хлопку[1]. 1. Содержание азота от 11,5 до 12,5%. 2. Влажность 30%. 3. Содержание золы не более 1%. 4. Содержание ненитрированного хлопка не более 1%. 5. Растворимость в спирто-эфирной смеси не менее 98%. 6. Степень измельчения от 75 до 90 *см*³. 7. Стойкость по Бергману-Юнку не более 2,5 *см*³ на 1 *г* коллодионного хлопка. 8. Коллодионный хлопок должен хорошо желатинироваться с нитроглицерином, давая однородную упругую массу, и обладать степенью желатинизации не менее 38°.

Хлоратные и перхлоратные взрывчатые вещества

Это взрывчатые вещества, содержащие в своей основе хлорноватокислые соли, называемые хлоратами (бертолетова соль — хлорноватокислый калий), и хлорнокислые соли, называемые перхлоратами. Реакция разложения их следующая:

бертолетова соль $2KCl_3 = 2KCl + 3O_2$

перхлоратаммония $NH_4ClO_4 = Cl + O_2N + 2H_2O$

Хлораты при одном нагревании выделяют весь содержащийся в них кислород, поэтому для разложения их требуется меньший импульс, чем для азотных соединений. В связи с этим чувствительность хлоратных взрывчатых веществ к механическому и тепловому воздействию гораздо больше, чем у азотнокислых солей. Имеется много различных типов хлоратных взрывчатых веществ, имеющих в основном одни общие положительные и отрицательные свойства. Первое основное свойство заключается в том, что хлоратные и перхлоратные взрывчатые вещества малостойки и чувствительны к механическим и тепловым воздействиям, что делает их малобезопасными в обращении. К детонации они менее чувствительны, чем аммониевая селитра. Кроме того они обладают достаточной бризантной способностью, имея скорость детонации около 3 000 *м/сек*.

[1] К перевозке коллодионный хлопок предъявляется влажным.

Технологический процесс производства их мало чем отличается от технологического процесса изготовления пороха.

Ниже мы даем составы хлоратных и перхлоратных взрывчатых веществ, ранее применяемых в горной промышленности.

Шеддиты. Это наиболее распространенные взрывчатые вещества из тех, в состав которых входит бертолетова соль.

Состав № 1. Хлорноватокислый натрий 75%, динитротолуол и мононитронафталин 25%, растительное масло 5%.

Шеддиты представляют собой порошкообразные мелкозернистого строения вещества желтого цвета. От сильного удара шеддит дает местный взрыв, не распространяющийся на соседние части. Очень часто бывает, что при этом происходит только воспламенение.

Шеддит имеет бризантное действие, скорость детонации его около 3 000 *м/сек*. Шеддиты, содержащие вместо бертолетовой соли хлорноватокислый натрий, довольно сильно гигроскопичны, а потому должны иметь двойную оболочку, из которых верхняя должна быть пропарафинированной. Под влиянием времени хранения шеддиты слеживаются и чувствительность к капсюлю-детонатору в таком состоянии у них понижается.

«Рекарок». «Рекарок» состоит из порошков бертолетовой соли 96,5% и окиси железа 3,5% и жидкости нитробензола.

В готовом виде представляет пластическую массу красновато-бурого цвета. Приготовляется «Рекарок» пропитыванием в нужный момент патронов бертолетовой соли с окисью железа жидкими составными частями. Обе действующие составные части (каждая в отдельности), т. е. порошкообразная и жидкая, безопасны в обращении и при перевозке, но смесь их делается очень чувствительной к толчкам и ударам. Поэтому этот тип взрывчатого вещества изготовляется только перед применением. Пропитывание ведут следующим образом: ввиду того что бертолетовая соль с окисью железа спрессовывается в патроны, завернутые в бумажную оболочку, бумагу перед пропиткой сдирают и патроны помещают в нитробензол на время от нескольких минут до получаса. Это время зависит от консистенции мирбанового масла, которое при низких температурах густеет и поглощается в таком виде бертолетовой солью очень медленно. Пропитывание лучше вести заранее отмеренным количеством нитробензола. Ввиду того что пары мирбанового масла вредны и летучи, эту операцию необходимо вести под тягой или же на открытом воздухе.

От действия огня «Рекарок» горит ярким пламенем, напоминая бенгальский огонь. При взрыве дает много белого дыма.

К действию низких температур относится безразлично.

Ввиду летучести нитробензола готовые патроны не могут сохраняться долгое время.

«Усовершенствованный Прометей». Состав: бертолетовая соль или перхлорат калия 70%, марганцевокислый калий 30%, скипидар 90%, фенол 10% или вазелиновое масло 90%, фенол 10% или вазелиновое масло 60%, фенол 15%, скипидар 30%.

Пропитывание патрона производят точно так же, как и «Рекарок», на месте работ. «Прометей» по силе и безопасности несколько превосходит «Рекарок», но по чувствительности к детонации уступает ему. При хорошей забойке полнота взрыва обеспечивается как у первого, так и второго типа. Избыток впитанной жидкости свыше 10% уменьшает силу взрывчатого вещества.

Медзянкит. Состав: бертолетовая соль 90%, керосин 10%.

Пропитывание патронов производят также на месте работ. По своим взрывчатым свойствам медзянкит почти ничем не отличается от «Рекарока», являясь кроме того более доступным и обладая способностью сохраняться более долгое время, чем «Рекарок». По правилам безопасности пропитанные патроны разрешается хранить до 48 часов.

Перклорекс. Состав: хлорокалиевая соль 72,88%, аммиачная селитра 12,85%, тринитротолуол 4,28%, ортонитротолуол 9,13%, керосин 0,86%.

Клорекс № 1. Состав: бертолетовая соль 87%, ортонитротолуол 10,58%, керосин 1,41%, касторовое масло 0,91%.

Клорекс № 4. Состав: бертолетова соль 85,73%, ортонитротолуол 7,06%, мононитробензол 3,52%, керосин 1,41%, касторовое масло 0,91%.

Клорекс № 4. Состав: бертолетова соль 85,73%, ортонитротолуол 6,84%, тринитротолуол 2,85%, керосин 1,57%, касторовое масло 10,16%.

Во всех указанных составах имеется наличие касторового масла, которое флегматизирует взрывчатые составы и делает их менее чувствительными к механическим воздействиям. При хранении эти сорта также слеживаются, и у них понижается чувствительность к капсюлю-детонатору.

По своим взрывчатым свойствам они мало чем отличаются от разобранных выше хлоратных взрывчатых веществ.

Инициальные взрывчатые вещества

Инициальные взрывчатые вещества применяются исключительно для возбуждения детонации. К ним относятся гремучая ртуть и азиды.

Они характеризуются чрезвычайной быстротой разложения. В замкнутой оболочке продолжительность разложения у них приближается к нулю. Действие этой группы взрывчатых веществ отличается большой интенсивностью, но имеет чисто местный характер.

Из опытов случайных взрывов гремучей ртути известно, что при взрыве на деревянном столе в нем может быть пробито сквозное отверстие, причем стол останется целым, или же весь стол может быть обращен в мелкие щепки и пыль, а пол не получит никаких деформаций. В силу указанных свойств инициальные взрывчатые вещества служат в качестве высшего импульса для разложения взрывчатых веществ и применяются для снаряжения капсюлей-детонаторов.

Гремучая ртуть

Гремучая ртуть представляет собой кристаллический порошок белого цвета, образующийся при взаимодействии азотнокислого раствора металлической ртути с этиловым спиртом.

Требования, предъявляемые к гремучей ртути по ОСТ. 1. Гремучая ртуть должна иметь вид мелкокристаллического порошка белого цвета. Допускается слегка сероватое, но ни в коем случае не зеленоватое или желтое окрашивание.

2. Должна иметь нейтральную реакцию.

3. Не должна содержать видимой на-глаз металлической ртути.

4. Перед пуском на снаряжение капсюльных изделий должна быть тщательно просушена.

5. Гремучая ртуть в зависимости от результатов, полученных при ее испытании, делится на три сорта. Сорт 2-й употребляется для снаряжения ответственных изделий, предназначенных для недолгосрочного хранения, сроком не более 6 месяцев. Что же касается 1-го сорта, то таковой по истечении месячного срока хранения и соответствующего испытания направляется на снаряжение капсюлей, предназначенных для долговременного хранения.

6. Посторонние примеси в гремучей ртути допускаются в следующих количествах соответственно для 1, 2 и 3-го сортов: а) нерастворимого в аммиаке остатка не более 0,5, 1,0 и 1,5%; б) из этого количества металлической ртути не более 0,3, 0,6 и 1,0%; в) щавелевой кислоты не более 0,5, 1,0 и 1,5%.

Влажность гремучей ртути, направляемой на снаряжение, допускается для 1-го сорта не более 0,02%, для 2 и 3-го — не более 0,05%.

Гремучая ртуть при определении фульмината должна содержать таковой в 1-м сорте не менее 99%, во 2-м — не менее 98% и в 3-м — не менее 97%.

Свойства гремучей ртути. 1. Гремучая ртуть обладает гигроскопичностью, в силу чего изготовленные капсюли должны храниться в сухом месте.

2. Гремучая ртуть весьма чувствительна к трению, удару и вообще ко всякого рода механическим воздействиям, в силу чего перевозка ее по железным дорогам воспрещена. Прессованная гремучая ртуть менее опасна.

3. При нагревании до 180° и от действия огня гремучая ртуть легко взрывается.

Гремучая ртуть идет в качестве первичного заряда в капсюли-детонаторы.

Разложение ее идет по нижеследующей формуле:

$$HgC_2N_2O_2 = Hg + 2CO + N_2$$

Азид свинца

Азид свинца — соль азотистоводородной кислоты. По наружному виду это бело-розовый кристаллический порошок. Получается азид свинца последовательно через амид и азид натрия.

Свойства азида свинца. 1. Азид не гигроскопичен.

2. При прессовании выносит большое давление (свыше 1 000 *ат*), что увеличивает его инициирующее действие.

3. Менее чувствителен к механическому воздействию и огню, чем гремучая ртуть.

4. Имеет значительно большую начальную скорость разложения, чем гремучая ртуть.

5. При хранении под водой при обыкновенной температуре азид свинца не теряет своих взрывчатых свойств.

6. С медью дает опасные нестойкие соединения.

7. При нагревании свыше 100° азид свинца начинает медленно разлагаться.

Азид свинца точно так же, как и гремучая ртуть, употребляется в качестве первичного заряда в капсюле-детонаторе с той лишь разницей, что количество его в два с лишним раза меньше, а сила капсюля превышается.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Физико-химические испытания взрывчатых веществ служат не только для разрешения принципиального вопроса, годно ли данное взрывчатое вещество к применению или нет, но они служат также для того, чтобы сравнить все его физико-химические константы с другим взрывчатым веществом, применение коего точно так же возможно в определенных условиях.

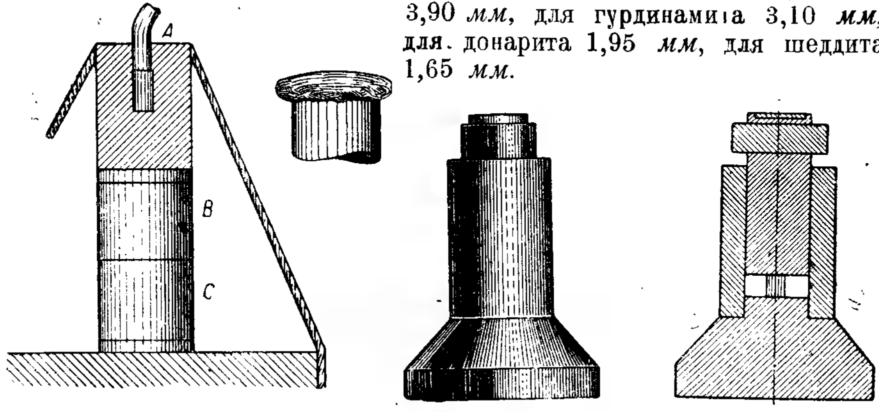
Определение бризантности взрывчатых веществ на свинцовых цилиндриках по способу Гесса. Два цилиндрика из чистого рафинированного свинца (фиг. 44) диаметром 40 *мм* и высотой 30 *мм* устанавливают один на другом на стальной доске толщиной около 20 *мм*. На верхний цилиндрик помещают стальную пластинку толщиной 10 *мм* и диаметром 41,5 *мм*, на которую ставят цилиндрический патрон с испытуемым веществом. Патрон изготовляют из листа бумаги размером 150×65 *мм* и толщиной около 0,2 *мм*. Внутренний диаметр патрона 40 *мм*, дно патрона диаметром 60 *мм* делают из кружка этой же бумаги, причем надрезанные края кружка загибают на наружную цилиндрическую часть патрона. Склеивание патрона производится гуммиарабиком.

50 *г* испытуемого вещества помещают в патрон, вставляют в него деревянный пуансон с грузом в 1 *кг* для подпрессовывания вещества. Через две минуты пуансон с грузом снимают и сверху вещества накладывают деревянный кружок толщиной в 5 *мм* и диаметром 39 *мм* с отверстием по середине для гремучертутнотетрилового капсюля № 8. Капсюль вводят в отверстие в кружке таким образом, чтобы расстояние между дном капсюля и дном патрона было равно 15 *мм*. Патрон привязывают шпагатом к стальной доске и производят воспламенение капсюля. После взрыва измеряют высоту цилиндриков в четырех местах и вычисляют сжатие как среднее арифметическое из трех определений.

Испытание бризантного действия взрывчатых веществ на бризанцмессере Каста. Бризанцмессер Каста (фиг. 45) состоит из наковальни, на которую надет пустотелый стальной цилиндр, с хорошо пригнанным стальным поршнем весом в 680 *г*. На поршне из никелевой стали укреплена плитка толщиной в 20 *мм* и весом 320 *г*. Для производства испытания на плитку кладутся две круглых свинцовых пластинки толщиной в 4 *мм*, а на них устанавливается заряд испытуемого взрывчатого вещества весом 10 *г*, снабженный капсюлем-детонатором.

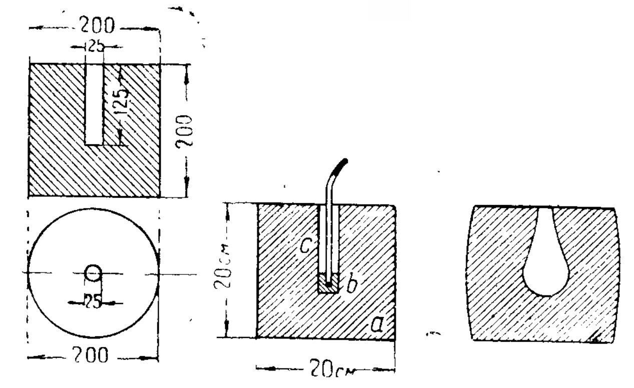
Последний должен быть вставлен таким образом, чтобы поверхность его заряда совпадала с поверхностью заряда патрона, т. е. наружу выходила на 15—17 *мм*. Под поршнем устанавливается медный литой цилиндрик диаметром 7 *мм* и высотой 13 *мм*. По величине обжатия медного цилиндрика после взрыва судят о бризантном действии взрывчатого вещества. Для точности испытаний требуется идентичность условий.

Данные, полученные на этом приборе [1], таковы: для карбена с жидким кислородом 3,35 *мм*, для сажи с жидким кислородом 2,35 *мм*, для пробковой муки 2,35 *мм*, для древесной муки 2,25 *мм*, для торфа 2,20 *мм*, для гремучего студня 5,00 *мм*, для желатин-динамита 3,90 *мм*, для гурдинамита 3,10 *мм*, для донарита 1,95 *мм*, для шеддита 1,65 *мм*.



Фиг. 44. Проба по Гессу.

Фиг. 45. Бризанцмессер Каста.



Фиг. 46. Бомба Трауцля.

Определение фугасного действия взрывчатого вещества в бомбе Трауцля. Испытание производится в бомбе Трауцля (фиг. 46), состоящей из массивного цилиндра, отлитого из чистого рафинированного свинца. Диаметр цилиндра 200 *мм* при такой же высоте; по оси бомбы имеется канал диаметром 25 *мм* и глубиной 125 *мм*. Число переплавок, коим подвергался свинец, не должно превышать двух.

[1] „Оксиликвиты в горном деле", Ж. К. Граубиц, 57 стр.

Все бомбы, с которыми предположено произвести испытание динамитов одной серии каждого сорта, должны быть отлиты из одной и той же партии свинца, одновременно и совершенно однообразно, причем отлитые бомбы могут быть употреблены в дело не ранее 48 часов после отливки.

Производство испытания: 10 *г* состава в форме цилиндра диаметром 25 *мм* завертывают в оловянную фольгу, снабжают снаряженным бикфордовым шнуром, капсюлем № 8, углубляя его не менее как на 25 *мм*, осторожно вводят в канал бомбы и слегка деревянной палочкой прижимают ко дну канала, придерживая за верхний конец цилиндра, поворачивая его около оси. Фольгу вырезают по шаблону в виде прямоугольной трапеции с основаниями 120 и 150 *мм* и высотой 70 *мм*, вес фольги 80—100 *г* на 1 $м^2$.

По снаряжении бомбы производят забивку канала промытым сухим песком, просеянным сквозь сито в 144 отверстия на 1 $см^2$; песок насыпают совершенно свободно, без уплотнения.

После взрыва очищают канал, принявший грушевидную форму, и определяют объем его путем поливания воды из бюретки.

Разность между объемами канала после взрыва и до взрыва (61—65 $см^3$) за вычетом расширения, образующегося от взрыва капсюля, характеризует бризантность взрывчатого вещества. За единицу сравнения принимают увеличение объема канала, образующееся при взрыве 10 *г* химически чистой пикриновой кислоты (температура плавления 122,5°) в бомбе Трауцля одновременно с испытуемым составом и при тождественных условиях и выражающееся в 313 + 6 $см^3$.

Бомбы Трауцля перед испытанием должны иметь температуру 15°; при других температурах необходимо в результате испытания ввести поправку по таблице, предложенной Кастом (табл. 22а).

Таблица 22а

Поправка на температуру (в процентах объема)

—10°	+10
0°	+ 5
+ 5°	+ 3,5
+ 8°	+ 2,5
+10°	+ 2
+20°	— 2

Определение температуры вспышки взрывчатых веществ. Определение температуры вспышки производится в железной чашке, наполненной расплавленным металлом Вуда.

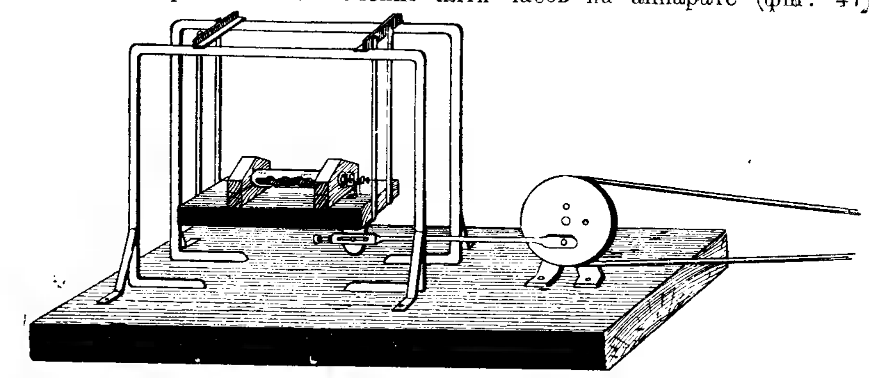
Диаметр чашки 14 *см* и высота 7 *см*; уровень жидкого металла на 2 *см* ниже краев. Эта чашка накрывается металлической крышкой и загнутым вниз бортом, охватывающим края чашки. В крышке имеются четыре отверстия: одно в середине — для термометра, и три вокруг первого на расстоянии 5 *см* одно от другого — для трех стеклянных пробирок длиной 12 *см* и диаметром 15 *мм* в свету.

В каждую пробирку кладется по 0,5 *г* испытуемого взрывчатого вещества; при испытании динамитов — лишь по 0,1 *г*. Термометр и пробирки вставляются в крышку таким образом, что все три пробы и шарик термометра приходятся в одной плоскости и оказываются погруженными в металл на 2 *см*, когда крышка наложена на чашку

пробирки. Это погружение производится при 100°, после чего нагрев быстро увеличивается — со скоростью 20° в минуту, до тех пор, пока не произойдет воспламенение, вспышка или взрыв всех трех проб. При этом фиксируют температуру.

Испытание чувствительности взрывчатых веществ к огню. Чувствительность взрывчатых веществ к огню определяется следующим образом: в стеклянную пробирку кладется 3 *г* взрывчатого вещества, которые легкими толчками утряхаются до получения ровной поверхности. Одновременно вставляется кусок бикфордова шнура длиной 20 *см*, который, будучи зажжен с наружного конца, догорев, обдаст пробу своим огнем и искрами. При этом отмечается, в какой именно форме реагировала проба на это воздействие: дала вспышку или детонировала. Хороший динамит сгорает ровным пламенем, а аммонал дает вспышку.

Испытания взрывчатых веществ на тряску. 100 *г* взрывчатых веществ помещают в сухую длинногорлую склянку вместимостью в 150 *см* и встряхивают в течение пяти часов на аппарате (фиг. 47),



Фиг. 47. Прибор для испытания взрывчатых веществ на тряску.

горизонтально движущемся 150 раз в минуту в одном и обратном ему направлениях. Затем определяют, произошло ли распадение на составные части. Если таковое произошло, то испытывают чувствительность к удару, трению и отношение к воспламенению, т. е. производят те же испытания, что и до тряски.

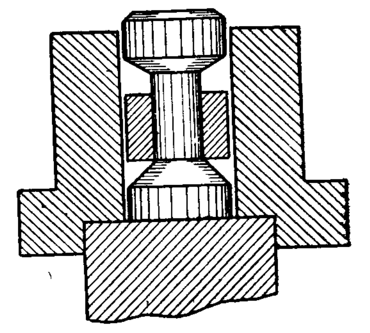
Определение чувствительности взрывчатых веществ к трению (проба в фарфоровой ступке). Порядок испытания: перед опытом тщательно очищаются фарфоровая неглазированная ступка 10 *см* внутреннего диаметра и 6 *см* высоты и неглазированный пестик.

Проба на трение проводится при обыкновенной температуре с 0,05 *г* взрывчатого вещества. Опыт повторяют два раза. При пробе с динамитом наблюдаются потрескивание и небольшие искры.

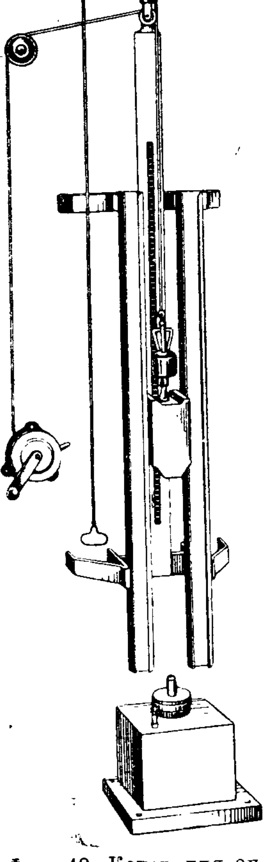
Определение чувствительности взрывчатых веществ к удару. Для испытания чувствительности взрывчатых веществ к удару применяется стальной копер (фиг. 48), представляющий собой прямые, гладкие стойки, служащие направляющими при движении груза. Сверху и снизу они соединяются в одно целое, составляя таким образом одну систему. Внизу между стойками имеются баба, подбабок и наковальня.

Груз, скользя вдоль стоек, может закрепляться на любой высоте при помощи специальных приспособлений. Сбоку у одной из стоек имеется шкала с делениями, по которой отмечают высоту, с которой падает груз.

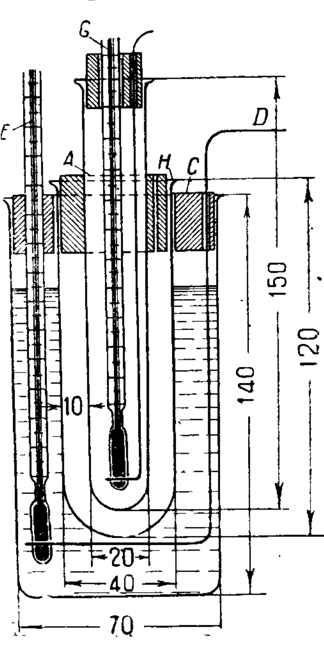
Нормальный вес бабы равен 2 *кг*, а наибольший подъем 1 *м*. Испытуемая проба в количестве 0,02 *кг* закладывается в цилиндриче-



Фиг. 49. Штемпельный приборчик Каста.



Фиг. 48. Копер для определения чувствительности взрывчатых веществ на тряску.



Фиг. 50. Прибор для определения температуры затвердевания.

ское углубление наковальни и прикрывается подбабком, нижний конец которого может как раз вполне аккуратно входить в означенное углубление. Испытание производится при 25°, и проба для каждого удара берется свежая. Увеличивая или уменьшая сначала грубо высоту удара, под конец через 1 *см* находят наименьшую высоту, при которой проба взрывается. Найденная таким образом величина считается окончательной, если при уменьшении ее на 1 *см* пять ударов подряд не дадут взрыва. В противном случае испытание продолжается.

Пробы взрывчатых веществ должны быть измельчены и уложены слоем не свыше 1 *см*, сушка их должна производиться в эксикаторе над хлористым кальцием не менее 24 часов.

Для более точного определения чувствительности взрывчатых веществ к удару и для получения всегда однообразных результатов служат штемпельные приборчики Каста (фиг. 49), имеющие вид цилиндра с плоским основанием и полушарной верхней поверхностью. Своим основанием они ставятся на наковальню, а на верхней части ударяет падающий груз. При испытании в таком приборчике мы всегда имеем постоянную величину поверхности взрывчатого вещества, по которой распределяется работа падающего груза, что является весьма важным фактом для однообразия получаемых результатов.

Температура при испытании является весьма важным фактором, так как с повышением ее взрывчатое вещество делается чувствительнее к механическим воздействиям — удару и трению.

Определение температуры затвердевания. Навеску испытуемого вещества около 10—20 *г* измельчают и высушивают при определенной температуре, затем при обыкновенной температуре охлаждают в эксикаторе в течение 12 часов над серной кислотой и помещают в пробирку A прибора (фиг. 50), состоящего из стакана, закрытого пробкой C с отверстиями для термометра E, пробирки H и алюминиевой мешалки D.

Пробирку A закрывают пробкой с отверстиями, в которые помещают термометр G и алюминиевую мешалку, после чего пробирку A помещают в пробирку H, закрытую соответствующей пробкой. Шарик термометра E помещают в центре навески так, чтобы он не касался стенок и дна пробирки.

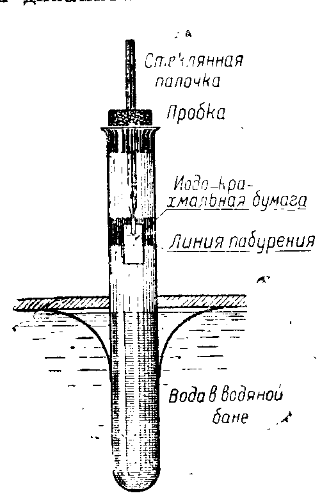
Стакан наполняют почти до пробки C чистым глицерином и подогревают. Нагревание производят медленно около 5° в минуту при тщательном перемешивании мешалкой D. При нагревании наблюдают, чтобы не было большой разницы (до 5—10°) между показаниями термометров E и G. Когда вещество начнет плавиться, его плавление ускоряют, перемешивая мешалкой, до полного расплавления.

При остывании расплавленного испытуемого вещества температура постепенно падает, затем начинает повышаться до некоторой величины, на которой останавливается и удерживается некоторое время постоянной. Температура эта и принимается за температуру затвердевания.

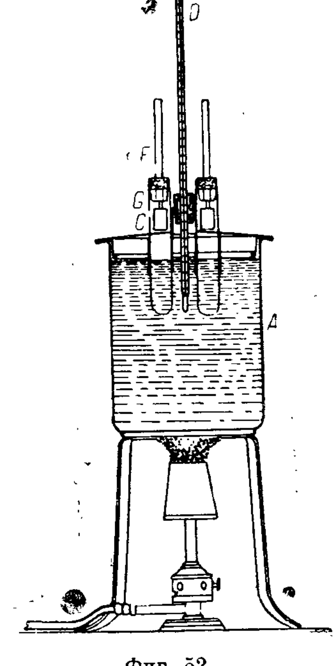
Термометр G должен быть градуирован через 0,1° и проверен Всесоюзным институтом мер и стандартов. Все взятые образцы должны удовлетворять техническим условиям.

Испытание на химическую стойкость по способу Абеля. Испытание производят в пробирном цилиндре длиной около 14 *см* и емкостью около 25 *см*^{3} (фиг. 51 и 52). Отверстие пробирки закрывают каучуковой или стеклянной пробкой, сквозь которую пропущена стеклянная палочка; внутренний конец последней отгянут и загнут или снабжен платиновым или стеклянным крючком. Нагревание цилиндра производится в термостате, или в водяной бане. Термостат рассчитан на производство нескольких проб одновременно и представляет собой водяную баню, снабженную термометром с точностью до 0,5° и мешалкой. В ней помещают пробирный цилиндрик и закупоривают

пробкой со стеклянной палочкой; к крючку палочки подвешен листочек иодокрахмальной бумаги, верхний край которой смочен кисточкой раствором глицерина в воде (глицерин и воду смешивают в равных объемах). Палочку опускают так, чтобы нижний край бумажки приходился приблизительно по середине пробирного цилиндрика, который затем устанавливают в термостат, или водяную баню. При установке цилиндрика следят за тем, чтобы листочек бумаги находился в вертикальном положении, не касаясь стенок, а часть цилиндрика, заполненная пробой, находилась в горячей воде. В термостате поддерживают постоянную температуру в 75°. Испытание считают оконченным, когда на линии, разграничивающей сухую часть иодокрахмальной бумаги от части, смоченной глицериновым раствором, появится полоска, равная по степени окраски с бурой чертой на полоске нормальной бумаги в контрольной пробирке. Потребное для этого время фиксируется. Для удобства сравнения подвешивают листочек нормально окрашенной бумаги к крючку в пустой пробирке на одинаковой высоте с листочками иодокрахмальной бумаги), которую располагают рядом с пробирками, содержащими навески динамита.



Фиг. 51.



Фиг. 52.

Прибор для определения химической стойкости по Абелю.

Иодокрахмальная бумажка перед применением ее в употребление должна быть испытана на чувствительность.

Необходимая для этого испытания иодокрахмальная бумажка, а также и контрольная нормальная бумага должны быть всегда одинаковы и выписываться из одного места. Хранить и обращаться с ней необходимо при соблюдении следующих условий:

1. Иодокрахмальную бумагу необходимо содержать в темной банке и ни в коем случае нельзя брать руками: рекомендуется брать только пинцетом.

2. Наличие в помещении, где производится проба Абеля, кислотных паров не допускается.

3. Вся необходимая посуда для производства испытания должна содержаться в абсолютной чистоте и после каждого испытания должна мыться и ополаскиваться дестиллированной водой (там, где нельзя достать таковую, можно пользоваться хорошо прокипяченной).

4. Все испытания взрывчатых веществ на пробу Абеля необходимо вести в строго идентичных условиях.

Испытание динамитов по пробе Абеля

Желатинообразные и пластичные динамиты. Роговым ножом отрезают и отвешивают на техно-экономических весах 3,24 *г* испытуемого состава и тщательно смешивают в деревянной ступке деревянным пестиком с 6,48 *г* хорошо промытого и высушенного при 70° талька. Употребляемый для этой цели тальк 1-го сорта должен быть очищен отмучиванием и промыт водой, нагретой до 70°, до тех пор, пока промывные воды не перестанут давать розового окрашивания с фенолфталеином.

При испытании талька по способу Абеля при 75° в продолжение 30 минут иодокрахмальная бумага не должна окрашиваться.

Порошкообразные нитроглицериновые взрывчатые вещества. Испытание на стойкость производят нагреванием навески в 3,24 *г* без помощи талька по способу, описанному для желатинообразных и пластичных динамитов, причем появление окраски иодокрахмальной бумаги как для желатинообразных, так и порошкообразных должно наступить не ранее 10 минут от начала испытания.

Германская железнодорожная проба на химическую стойкость. Испытуемое взрывчатое вещество в количестве 10—20 *г* при температуре 75° в стеклянных стаканчиках с пришлифованной крышкой (в свободно посаженной) нагревается в течение 48 часов. При нагревании не должно выделяться бурых паров.

Определение эксудации динамитов по питсбургскому методу. Для определения эксудации динамитов по питсбургскому методу с центрофугой берут навески динамита по 8 *г* (навески по числу гнезд центрофуги) и кладут их во взвешенные тигли Гуча. Эти тигли вставляют в предназначенные для них гнезда центрофуги, а под гнезда с тиглями помещают специальные, тоже предварительно взвешенные, стеклянные стаканчики для собирания эксудата.

После этого вращают центрофугу в течение пяти минут со скоростью 600 об/мин., а по окончании этой операции взвешивают как тигли Гуча, так и стеклянные стаканчики. Убыль веса тигля и прибыль веса стаканчика служит для вычисления величины эксудации в процентах от взятой навески.

По правилам, принятым Питсбургской станцией, количество эксудата не должно превосходить 5%.

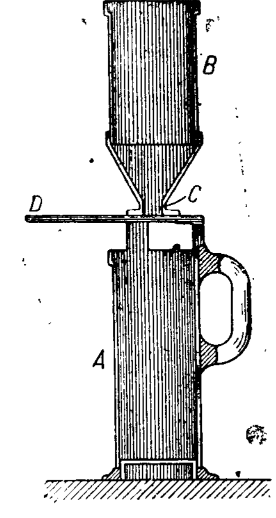
Испытание на эксудацию гремучих студней и пластичных нитроглицериновых взрывчатых веществ[1]. От патрона отрезают цилиндрик с острыми краями, высота которого должна быть равна его диаметру, прикрепляют (без обертки) булавкой вертикально к листику пергаментной бумаги и помещают на 144 часа (6 суток) в термостат с температурой 30—33°. По истечении этого срока на бумаге не должно быть следов нитроглицерина; на месте стояния цилиндра допускается едва заметный след, равный его диаметру. Уменьшение высоты цилиндрика не должно превосходить $1/4$ его первоначальной высоты, а края обреза не должны быть оплывшими.

В случае обнаружения на бумаге пятна от следов нитроглицерина, вырезают покрытое им место, ставят на ребро в пробирный цилиндрик и наливают холодный этиловый спирт до верхнего края вырезанного листа. По истечении 10—15 минут наносят стеклянной палочкой на белый лист фильтровальной бумаги последовательно на одно и то же место три капли содержащегося в пробирке раствора; после того как смоченное место совершенно высохнет, на бумаге не должно оставаться ясно выраженного жирного пятна. Для сравнения на тот же лист рядом с каплей спирта, испытуемого на нитроглицерин, наносят каплю чистого спирта.

Испытание на детонацию динамитов[1]. 1. Проба на открытом воздухе. Пять патронов состава с оторванными от концов обертками патронной бумаги кладут в стык друг к другу на железный лист (6-килограммовое железо), а последний на деревянную доску толщиной в 40 *мм*. Ширина железного листа и доски должна быть равна (приблизительно) утроенному диаметру патрона.

Для испытания 93%-ного и 88-ного гремучего студня употребляют азидосвинцовый капсюль № 8, для остальных сортов динамитов — обычный комбинированный капсюль № 8. Испытуемые патроны должны дать полную детонацию, и на железном листе не должно оставаться невзорвавшегося состава. Патроны должны быть предварительно нагреты до 25°.

При 63%-ных студенистых динамитах первые два патрона кладут впритык друг к другу, третий патрон отделяют от второго промежутком в 1 *см*, четвертый от третьего — в 2 *см* и пятый патрон от четвертого — в 3 *см*.



Фиг. 53. Гравиметр.

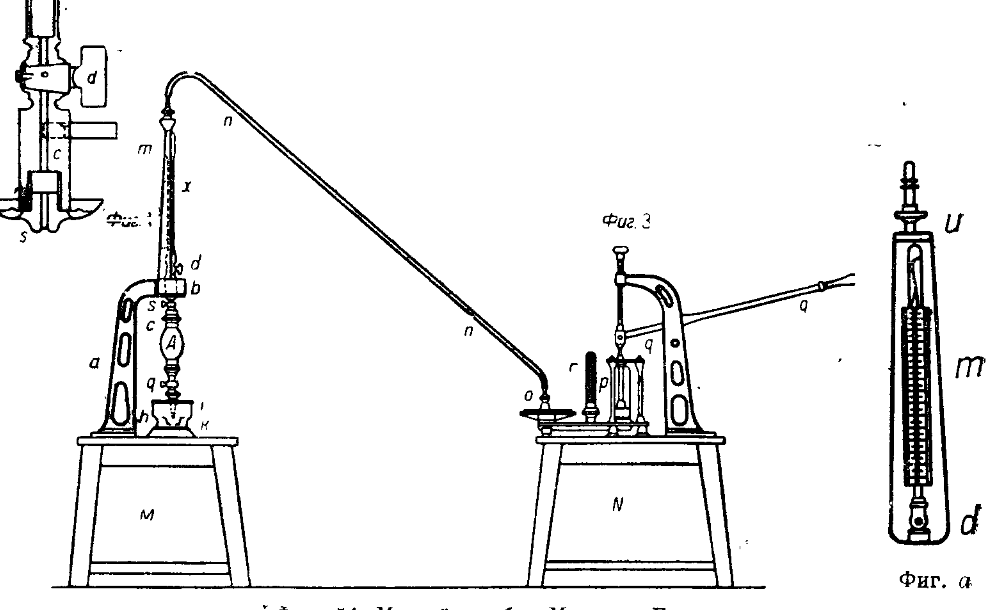
2. Проба в железной трубе. Восемь патронов состава с оторванными от концов обертками патронной бумаги, уложенных в стык друг к другу, помещают в трубу (свернутую из кровельного железа) диаметром приблизительно в 32 *мм* и длиной около 1 *м*. Хвостовой конец трубы должен быть наглухо заделан (загнут или расплющен), а головной — забит глиной или песком на длине не менее 20 *см*.

Определение гравиметрической плотности порохов. Гравиметрическая плотность определяется помощью особого прибора, называемого гравиметром (фиг. 53), состоящего из бронзовой кружки или приемника *A* емкостью в один литр. При испытании на приемник накладывается цилиндрический сосуд *B*, по объему несколько больший приемника,

[1] По ОСТ 680 на динамиты.

[1] По ОСТ 680 на динамиты.

оканчивающийся воронкой и цилиндрическим поддоном C с заслонкой. Для определения гравиметрической плотности предварительно взвешивают пустой приемник, затем заполняют верхний сосуд испытуемым порохом, помещают его на приемник и осторожно поворачивают заслонку, вследствие чего порох будет высыпаться в приемник. Когда приемник наполнится, осторожно, чтобы не произвести сотрясения, запирают заслонку, снимают сосуд B, сглаживают линейкой излишний порох и взвешивают приемник вместе с порохом. Разность весов покажет вес пороха. Делением этого веса на вес перегнанной воды, помещающейся в приемнике при 4°, получается гравиметрическая плотность.



Фиг. 54. Малый прибор Малле и Бианки.

Определение действительной плотности порохов[1]. Действительная плотность порохов определяется на большом и малом ртутных приборах Малле и Бианки.

Малый прибор Малле и Бианки состоит из ствола M (фиг. 54), на котором укреплена чугунная стойка a, оканчивающаяся вверху горизонтальным кольцом; в это кольцо вставляют железную трубку c, имеющую в верхней части кран d. В верхнюю часть трубки c вставлена на мастике стеклянная трубка x (вид спереди этой трубки со стойкой показан на фиг. a); трубка эта в верхней части сообщается с воздушным насосом посредством гибкой трубки. К нижнему концу трубки c привинчивается прибор, состоящий из стеклянного сосуда A с двумя горлышками, вделанными посредством мастики в железные оправы. В верхнюю оправу ввинчена коротенькая трубка s с краном, а в нижнюю подобная же трубка q с краном; посредством трубки s весь этот прибор привинчен к трубке c и поддерживается ею. К нижнему концу трубки q привинчивается узенькая трубка h, нижний конец которой погружается в ртуть, налитую в чугунную чашку i.

К прибору необходимо иметь весы, которыми можно взвешивать тяжести до 5 *кг*, причем они должны быть такой чувствительности, чтобы показывали верно перевес до 0,05 *г*. При собирании прибора помещают сначала между трубкой q и нижней оправкой перепонку из замши, а между верхней оправкой и трубкой s столь мелкую решетку из железной проволоки, чтобы пороховые зерна не могли проходить сквозь нее. Затем привинчивают сосуд к трубке c, ставят чугунную чашку i на стол M, привинчивают трубку h и наливают достаточное количество ртути в чашку i, поднимают эту чашку и подкладывают под нее дощечку k. Закрыв кран q, открывают s и d и по возможности выкачивают весь воздух из прибора; степень разряжения воздуха указывается манометром воздушного насоса. Затем открывают кран q, после чего ртуть начинает входить в прибор. Когда ртуть начинает показываться в сосуде A, закрывают снова кран q и выкачивают тот воздух, который попал из трубки h, и снова открывают кран q. Для более совершенного удаления воздуха этот прием повторяют до тех пор, пока ртуть перестанет подыматься в трубке x. Затем запирают кран q и краном воздушного насоса впускают воздух в верхнюю часть трубки x. Тогда ртуть в сосуде A будет находиться под давлением почти двух атмосфер, а именно под давлением столба ртути, находящегося выше сосуда A, и под давлением внешнего воздуха. Затем запирают также краны s и d, снимают прочь подставку K, отвинчивают трубку h, удаляют сосуд i и отвинчивают сосуд A с трубкой s от трубки c. При этом часть ртути, помещенной в трубке c, может вытекать; чтобы собрать эту ртуть, к трубке s прикреплена железная чашка. Слив ртуть из чашки, взвешивают сосуд A с ртутью; вычитая из этого веса вес пустого сосуда, получают вес ртути, его наполняющей.

При обращении с сосудом A надобно избегать всякого нагревания его, как например прикосновения руками, потому что от нагревания ртуть будет расширяться и сосуд может лопнуть. После взвешивания, открывая краны s и q, выпускают ртуть из прибора, отвинчивают трубки s и q и тщательно вытирают все части внутри. Открыв кран d, выпускают ртуть также и из трубки x. Для определения плотности отвешивают 100 *г* пороха и помещают в сосуд A. Порох удерживается в этом сосуде снизу замшевой перепонкой, а сверху проволочной решеткой. Затем собирают прибор и выкачивают воздух в несколько приемов. Высота, до которой ртуть поднялась в трубке x, указывается особой шкалой (фиг. а).

При впускании воздуха в прибор высота ртути понизится вследствие того, что между зернами пороха осталось еще некоторое количество воздуха, который при выкачивании его из прибора расширяется, а при впускании опять сжимается. Для удаления этого воздуха надо вновь выкачать воздух в приборе и повторить это действие несколько раз до тех пор, пока не будет замечено, что уровень ртути в трубке x не понижается при впускании воздуха через кран воздушного насоса.

---

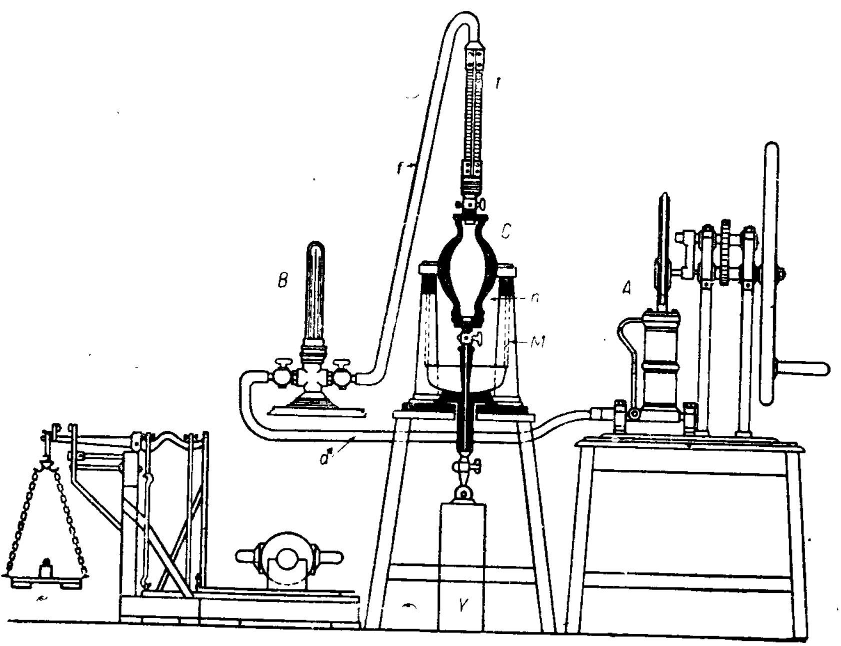
[1] По ОСТ 3531 и 3532.

После этого запирают все краны, отвинчивают сосуд A с его трубками и взвешивают. Вычисление плотности пороховых зерен производится по формуле:

$$d = \frac{aD}{p - p' + a}$$

где d — искомая плотность пороха, D — плотность ртути при средней температуре, при которой производится опыт, a — вес пороха (обыкновенно 100 *г*), p — вес сосуда с ртутью, p' — вес сосуда с ртутью и порохом.

Для вычисления по вышеописанной формуле плотности пороха необходимо предварительно знать плотность ртути; при этом недостаточно пользоваться табличкой плотности. Так как ртуть может быть не совсем чиста, надо особым опытом определить плотность именно той ртути, которая служит при опыте, и кроме того ввести поправку, зависящую от температуры.



Фиг. 55. Большой прибор Малле и Бианки.

Для того чтобы ртуть, которая может быть случайно выброшена из трубки x, не могла попасть в воздушный насос и попортить его, сделано особое приспособление: трубка x имеет вверху расширение, заключающее в себе маленькую трубку, изогнутую на конце и составляющую продолжение трубки x. Таким образом ртуть, выброшенная из трубки x, попадает в промежуток между упомянутой узкой трубкой и расширением трубки x. Все металлические части прибора, приходящие в соприкосновение с ртутью, должны быть железными.

Большой прибор Малле и Бианки (фиг. 55) для определения действительной плотности пороха состоит из трех главных частей: насоса двойного действия Бианки A, манометра B и чугунного яйцеобразного сосуда C с привинчиваемой к нему барометрической трубкой t. Части эти совершенно отделены друг от друга и соединяются между собой двумя каучуковыми трубками, причем трубка d соединяет насос с манометром, а трубка f — манометр с барометрической трубкой и следовательно с чугунным сосудом.

Чугунный сосуд, как ранее было упомянуто, имеет яйцеобразный вид; вес его с ртутью около 21,6 *кг*; к боковым его частям приделаны две цапфы, которыми сосуд помещается в гнездах чугунного основания M; к верхней и нижней частям сосуда приделаны оправы, совершенно подобные оправам сосуда малого прибора, но с приспособлением для выпуска ртути из барометрической трубки. Обращение с большим прибором в главных чертах такое же, что и с малым прибором, но в деталях существуют некоторые изменения. Чтобы показать некоторое отличие манипуляции с большим прибором Бианки от малого прибора, опишем наполнение чугунного яйцеобразного сосуда ртутью и порохом: отвешивают 1 *кг* пороха, помещают его в яйцеобразный сосуд C, затем навинчивают барометрическую трубку t, на верхний конец которой надевают каучуковую трубку f от манометра, к нижней же оправе привинчивают трубку, суживающуюся книзу, а под нее подставляют чашку с ртутью. Другую каучуковую трубку d, идущую от манометра, сообщают с насосом. После этого открывают все краны, кроме нижнего h при сосуде, и выкачивают воздух. Когда манометр укажет значительное разряжение, открывают нижний кран, продолжая в то же время выкачивать воздух; ртуть начнет подниматься и входить в барометрическую трубку; когда ртуть остановится, то, открывая кран у манометра, впускают воздух в прибор. После этого опять сообщают прибор с насосом, выкачивают воздух и продолжают таким образом до тех пор, пока ртуть в барометрической трубке от впуска в нее воздуха перестанет понижаться.

Тогда разнимают прибор, определяют вес сосуда с ртутью и порохом и по формуле

$$d = \frac{aD}{p - p' + a}$$

и определяют действительную плотность пороха.

В этой формуле: d — плотность пороха, a — вес пороха, p — вес сосуда с ртутью, p' — вес сосуда с ртутью и порохом, D — плотность ртути.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЗРЫВАНИЕ ШПУРОВ

Для того чтобы привести в состояние взрыва весь заряд взрывчатого вещества, т. е. взорвать его, нужно некоторую его часть привести в состояние взрывчатого разложения. Для всех видов взрывчатых веществ, за исключением пороха, взрывающегося от искры, возбудительной причиной взрывчатого разложения служит взрыв капсюля-детонатора в непосредственной близости к заряду, а еще лучше в его среде при помощи запальной трубки (фиг. 56).

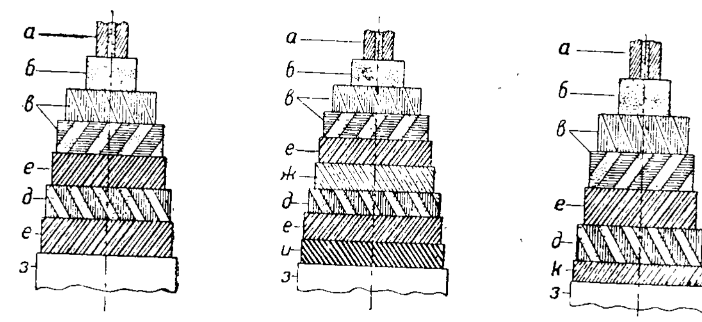
В свою очередь, чтобы привести гремучую ртуть капсюля в состояние взрывчатого разложения, и тем самым вызвать взрыв заряда, необходимо подействовать на поверхность гремучей ртути искрой или пламенем.

Поэтому различают огневое взрывание капсюля и электрическое.

Фиг. 56. Запальная трубка.

СРЕДСТВА ОГНЕВОГО ВЗРЫВАНИЯ

Средствами огневого взрывания являются медленно горящий, бикфордов шнур, капсюли-детонаторы и селитренный пеньковый фитиль.



Фиг. 57. Разновидности бикфордова шнура.
а—направляющие нити; *б*—порох; *в*—двойная джутовая или льняная оплетка; *е*—смола; *д*—хлопч.-бум. оплетка; *з*—тальк гуттаперч.; *ж*—асфальт; *и*—парафин; *к*—клеевая краска.

Бикфордов шнур. Огнепроводным медленно горящим шнуром бикфордовым шнуром) называется медленно горящий огнепровод, представляющий собой слабо прессованную сердцевину из зерен шнурового

пороха, сквозь которую пропущены две направляющие хлопчатобумажные нити. Сердцевина заключена в две оплетки—наружную и внутреннюю, предохраняющие шнуровой порох сердцевины от сырости и других атмосферных влияний.

Огнепроводный медленно горящий шнур служит для взрывания капсюлей-детонаторов, зарядов минного или вообще дымного пороха.

В зависимости от назначения по характеру оплетки шнур изготовляется трех видов (фиг. 57):

а) белый, применяемый для взрывных работ в сухих местах;

б) асфальтированный, применяемый для подрывных работ в сырых местах;

в) гуттаперчевый, применяемый для подводных работ.

Требования, предъявляемые к бикфордову шнуру[1].

Таблица 23

а) Основные размеры

Вид шнура	Диаметр *мм* от	Диаметр *мм* до	Длина *м*	Допуск по длине, *мм*
1. Белый.	4,5	5,5	10	+ 150
2. Асфальтированный. .	5,0	5,8	10	+ 150
3. Гуттаперчевый . . .	5,0	5,8	10	+ 150

б) Характер оплетки

Вид шнура	Внутренняя оплетка	Наружная оплетка
1. Белый.	Двойная джутовая или льняная или пеньковая, покрытая тонким слоем смолы	Хлопчатобумажная, покрытая белой клеевой краской и опудренная тальком
2. Асфальтированный. .	Двойная джутовая или льняная или пеньковая, покрытая слоем смолы и асфальтовой мастикой	Джутовая или льняная или пеньковая, покрытая слоем смолы и парафина и опудренная тальком
3. Гуттаперчевый . . .	Двойная джутовая или льняная или пеньковая, покрытая слоем смолы	Джутовая или льняная или пеньковая, покрытая слоем смолы и гуттаперчевой мастикой

Материалы, идущие на изготовление огнепроводного шнура.

Селитра (KNO_3) 78 + 1%, сера (S) 10 + 1%, уголь (C) 12 + 1%.

Физико-химические свойства. Влажность не более 1%. Гигроскопичность не более 1,75%. Гравиметрическая плотность в пределах 0,920—0,940. Действительная плотность 1,70—1,80. Число зерен в 1 *г* 3 000—4 000 штук.

Пряжа для оплетки и контрольной нитки.

[1] По ОСТ 3606. Изд. 2-е, пересмотренное.

Свойства пряжи \ Вид пряжи	Льняная джутовая и пеньковая	Хлопчатобумажная	
		Для оплетки	Для контрольной нитки
Номер	4/26 и 6/26	16/4, 12/3 и 20/3	26/3 и 20/3
Влажность не более	4%	3%	3%
Содержание костры не более	1%	—	—
Допускается количество жиров растительного происхождения не более	2%	—	—

Пряжа должна быть прочной, ровной, без узлов и утолщений и не иметь следов гнилости и нескрученных мест.

Крепость льняной, джутовой и пеньковой пряжи при длине нити 500 *мм*: для № 4/26 3 500—4 000 *г*, для № 6/26 2 500—3 000 *г*.

Общие данные. 1. В наружной оболочке шнура не должно быть трещин, переломов и следов подмочки.

2. Асфальтированный и гуттаперчевый шнуры должны быть водонепроницаемы.

3. Гуттаперчевая и асфальтированная оболочки шнура не должны быть мягкими и липкими при температуре +28° и ломаться при температуре — 15°.

4. Шнур должен гореть со скоростью 600 *мм/мин*, причем скорость горения отрезка в 600 *мм* должна быть не менее 56 секунд и не более 66 секунд.

5. В месте горения пороховой сердцевины шнура допускается лишь небольшое искрение в отдельных точках шнура несплошным пучком искр.

6. При испытании целого круга на полноту горения не должно получаться затухания горения.

7. Концы в асфальтированном и гуттаперчевом шнурах залепляются для их изоляции (по особому заказу) смоляным варом или мастикой.

Упаковка. Готовый, огнепроводный медленно горящий бикфордов шнур, разрезанный на куски длиною 10 *м*, свертывается в круги разных диаметров. Круги шнура, вложенные один в другой, складываются в пачки по 25 кругов, обертываются пергаментной бумагой и перевязываются шпагатом. 12 таких пачек (300 кругов) укладываются в два ряда в деревянный ящик, выложенный внутри оберточной бумагой.

Согласно классификации стандарта в ящик укладывается шнур только одного вида.

Укладка в ящик шнура должна быть плотной, исключающей при перевозке движение шнура в ящике.

При отправлении шнура каждая партия или часть партии сопровождается копией акта или свидетельством, с указанием номера партии, года изготовления и результатов контрольных испытаний.

Маркировка. На каждом ящике маркируется: а) наименование предприятия, б) количество кругов в ящике и длина круга, в) название шнура (белый, асфальтированный или гуттаперчевый), г) номер партии и год изготовления, д) номер ящика, е) вес брутто, ж) ОСТ 3606.

Шнур с нетлеющей оболочкой. Шнур с нетлеющей оплеткой представляет собой огнепроводный шнур, имеющий сердцевину из мелкозернистого шнурового пороха, сквозь которую проходит одна или две контрольных нити. Оплетка такого шнура пропитана огнеупорным составом и не должна тлеть и искрить. Шнур с нетлеющей оболочкой предназначается для взрывных работ, производимых оксиликвитом, а также с другими взрывчатыми веществами при помещении боевика в середине заряда.

Диаметр шнура должен быть от 5,5 до 6,3 *мм*. Длина каждого круга 10 *м* с допуском по длине +150 *мм*.

Круг шнура может состоять и из нескольких отрезков, но не более трех, а длина таких отрезков не должна быть менее 1 *м*.

Характер оплетки. Нетлеющий шнур имеет четыре оплетки: двойную — внутреннюю (основную) из льняной, пеньковой или джутовой пряжи, покрытую огнестойким составом; две наружных (изоляционных) оплетки из льняной, пеньковой или джутовой пряжи, обработанных огнестойким составом.

Наружная оплетка может быть из бумажной пряжи и должна иметь не менее одной цветной нитки для отличия нетлеющего шнура от обыкновенного медленно горящего. Номера пряжи аналогичны бикфордову шнуру.

Общие данные. 1. В наружной оплетке шнура не должно быть трещин, переломов и нарушения целости оплетки, следов подмочки.

2. Концы шнура должны быть заделаны смоляным варом или мастикой, употребляемой для изоляции оболочки обыкновенного шнура.

3. Шнур должен гореть со скоростью 600 *мм/мин*, причем скорость горения отрезка в 600 *мм* должна быть не менее 56 секунд и не более 66 секунд.

4. При горении шнура искры не должны пробиваться сквозь оболочку.

5. При испытании на полноту горения не должно получаться затухания горения.

6. Наружная изоляционная оболочка должна быть вполне огнестойкой, чтобы при случайном пробивании огня или искры она не загоралась даже в атмосфере кислорода.

Готовый нетлеющий шнур, разрезанный на куски длиной 10 *м*, свертывается в круги разных диаметров.

Круги шнура, вложенные один в другой, складываются в пачки по 25 кругов и обертываются пергаментной бумагой. 8 пачек (200 кругов) укладываются в два ряда в деревянный ящик, выложенный внутри оберточной бумагой.

Укладка в ящик шнура должна быть плотной, исключающей при перевозке перемещения шнура в ящике. Ящики перевязываются веревкой и пломбируются.

Испытания бикфордова шнура. 1. Диаметр шнуров проверяют толщемером, а длину — рулеткой.

2. Качество наружной оболочки исследуется внешним осмотром.

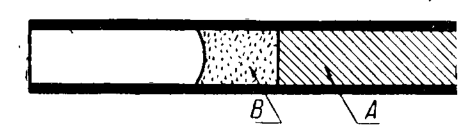
3. Для испытания белого шнура на скорость горения каждый отобранный для этого испытания шнур разрезают на куски длиною 600 *мм*. Каждый кусок сжигают и определяют время горения секундомером.

4. Испытанию на полноту горения белый шнур подвергается целыми неразрезанными кругами.

5. Асфальтированный и гуттаперчевый шнуры подвергаются испытанию на скорость и полноту горения только после замачивания шнура в воде на глубине не менее 0,5 *м*.

Гуттаперчевый шнур погружают в воду на два часа, а асфальтированный — на один час. По истечении указанного времени бухты шнура вынимают из воды, раскатывают и, обрезав с каждого конца по 5 *см*, испытывают на скорость и полноту горения, как это описано в пп. 3 и 4 для белого шнура.

6. Шнур с нетлеющей оболочкой испытывается на отсутствие прогара и огнестойкость наружных оплеток. Под прогаром подразумевается вылет через наружную оболочку искр при появлении огня на наружной оболочке.



В—гремучая ртуть *А*—тротил или тетрил

Фиг. 58. Капсюль - детонатор.

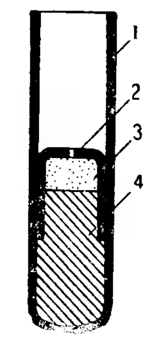
Капсюли-детонаторы. Капсюль-детонатор (фиг. 58) служит для передачи инициального импульса взрывчатым веществам и представляет собой металлическую гильзу, в которую запрессован заряд инициального взрывчатого вещества, прикрытый сверху металлической чашечкой с отверстием в центре.

Взрывчатое вещество занимает собою не всю гильзу, а лишь около $^2/_3$ ее, оставляя около 15—17 *мм* свободного пространства для запала и места обжима.

У нас в довоенное время наиболее распространенным был капсюль с 2 *г* гремучей ртути, в Германии — 1 *г* гремучей ртути, в Австрии — 2 *г* и во Франции — 1,5 *г*. Для лучшего воспламенения к составу гремучей ртути почти всегда, особенно для промышленных целей, примешивалась бертолетова соль. Наиболее употребительным считался состав из 85% гремучей ртути и 15% бертолетовой соли.

В Англии к основному заряду примешивают пироксилиновую мезгу, во Франции — пикриновую кислоту.

В дальнейшем для взрывания взрывчатых веществ стали употреблять так называемые толовые капсюли, содержавшие 0,6 *г* гремучей ртути и 1 *г* тротила, или тетриловые, снаряженные точно так же тетрилом. Во избежание механических воздействий гремучая ртуть в капсюлях прикрыта металлической чашечкой с отверстием посредине. Внешнее различие толовых капсюлей от тетриловых заключалось в том, что первые имели вогнутое дно, а последние на дне имели букву Т.



Фиг. 59. Германский тетриловый капсюль.

1—медная оболочка; *2*—покрывающая чашечка с отверстием посредине; *3*—гремучая ртуть; *4*—тетрил.

В горном деле в Германии применяются капсюли с азидом свинца и тринитротолуолом, схематический разрез которых показан на фиг. 59.

В последнее время одна шведская фабрика изготовляет капсюли без дна, с различной степенью прессования гремучего состава, в зависимости от близости его к отверстию. Сходный метод фабрикации предложен и другими изобретателями, при этом по заверению изобретателей капсюль стоит несравненно дешево и дает превосходный взрывной эффект.

Встречаются также капсюли, в которых гремучая ртуть заменена азидом серебра и тетрилом, запрессованным в медную гильзу слоями.

У нас в настоящее время изготовляются капсюли-детонаторы по ОСТ 1599.

Таблица 25

I. Основные размеры

Номера капсюлей-детонаторов	Диаметр, *мм*		Длина гильзы *мм*	Расстояние от дульца капсюля-детонатора до поверхности чашечки, *мм*	Вдавленность капсюля внутрь не менее *мм*
	наружный	внутренний			
6М, 6Л, 6Ж и 6В.	от 6,8 до 7,0	от 6,5 до 6,6	40+1	от 15 до 18	1,0
8М, 8Л, 8Ж, 8А и 8В	„ 6,8 „ 7,0	„ 6,5 „ 6,6	47+1	„ 15 „ 18	1,5

II. Состав и вес заряда

Наименование капсюлей	Состав заряда		Допуски *г*
	наименование составных частей	вес составной части, *г*	
№ 6М, 6Л, 6Ж, 6Б	1. Гремучая ртуть	0,5	±0,02
	2. Тринитротолуол.	0,5	±0,05
№ 8М, 8Л, 8Ж, 8Б	1. Гремучая ртуть	0,5	±0,02
	2. Тринитротолуол.	1,0	±0,05
№ 8А	1. Азид свинца.	0,2	±0,02
	2. Тринитрорезорциниат свинца . .	0,15	±0,05
	3. Тетранитрометиланилин. . . .	1,0	±0,05
№ 8М, 8Л, 8Ж, 8Б	1. Гремучая ртуть	0,5	±0,02
	2. Тетранитрометиланилин. . . .	1,0	±0,05

Технические условия на капсюли по ОСТ 1599: а) гильза капсюля-детонатора должна быть без сквозных трещин, раковин и помятостей;

б) внутренняя поверхность капсюля-детонатора от чашечки до дульца должна быть чистой, без заметных пятен окислов металла или остатков запрессованного состава;

в) в капсюлях-детонаторах не допускается выпадания чашечки и высыпания запрессованного состава;

г) допускаются следующие недостатки:

1. Царапины, не задеваемые ногтем, и незначительные следы на гильзах, происходящие от изнашивания матриц.

2. Небольшая вздутость гильзы в месте расположения чашечки, не превышающая предела наружного диаметра.

3. Потемнение гильзы.

4. При испытании на пробиваемость капсюль-детонатор должен пробить следующей толщины пластинку из рольного свинца с образованием сквозного круглого отверстия диаметром не менее диаметра самого капсюля: для капсюлей №№ 6М, 6Л, 6Ж и 6Б 4 *мм*, для №№ 8М, 8Л, 8Ж и 8Б 5 *мм*, для № 8А 6 *мм*.

Капсюли-детонаторы должны выдерживать испытание на тряску по методу, указанному в методах испытания настоящего стандарта.

Вопрос о том, какие из капсюлей и веществ, применяемых для снаряжения их, являются наиболее рациональными, становится ясным после рассмотрения следующих выводов.

Прежде всего еще раз рассмотрим, какие преимущества и недостатки имеют азид свинца и гремучая ртуть друг перед другом и в какой мере рациональна замена гремучей ртути азидом свинца.

К числу выгод применения азида свинца следует отнести его большую начальную скорость разложения, а вместе с тем и большее инициальное действие (в 5—6 раз больше, чем к гремучей ртути).

В условиях применения германской промышленности азид свинца выявил себя составом значительно более экономным, чем гремучая ртуть (он дешевле и дозируется в капсюлях в значительно меньших количествах заряда, чем последняя).

Благодаря значительно большей скорости разложения азида свинца, а также благодаря тому, что он легко выдерживает большое давление при прессовании (измеряемое тысячами атмосфер), он дает увеличение бризантности по сравнению с гремучей ртутью в несколько раз. Азид свинца обладает значительно меньшей чувствительностью к удару, трению и нагреванию при температуре 100°, в то время как гремучая ртуть с течением времени уже при температуре 50° начинает медленно разлагаться. Азид свинца не теряет под влиянием влажности своих инициальных свойств, гремучая же ртуть, напротив, их значительно теряет. Азид свинца может снаряжаться только в алюминиевые гильзы, так как иначе (например в медных) он способен образовать опасные амальгамы. Кроме того применение алюминиевых гильз в шахтах, опасных по газу или пыли, воспрещено. Причина этого запрета заключается в том, что металл гильзы — алюминий, принимает деятельное участие в реакции сгорания, обладает свойством накаливаться и разбрасывать раскаленные до 3000° частицы в атмосфере газовых шахт, что может повлечь за собой случаи воспламенения рудничного газа или пыли.

В связи с этим запретом создается следующее положение: азид свинца может снаряжаться только в алюминиевые гильзы, последние однако не могут применяться в газовых шахтах; поэтому в шахтах, опасных по газу или пыли, можно применять только капсюли гремучертутнотетриловые в медной гильзе. Для всех же прочих взрывных работ следует применять азидотетриловые капсюли в алюминиевых гильзах, так как аллюминий, принимая участие в реакции взрыва, содействует повышению его температуры, а вместе с тем и инициального действия капсюля

Наличие запрессованной в гильзу капсюля чашечки, с одной стороны, увеличивает эффект инициального действия, с другой — в некоторой степени предохраняет их от действия влажности.

Имеющееся в донышке капсюля углубление высотой от 0,5 до 1,25 *мм* также увеличивает инициальное действие капсюля ввиду того, что в пустоте образуется так называемая «кумуляционная» волна (от уплотнения в точке встречи в пустоте направленных с разных сторон взрывных волн), значительно повышающая температуру взрыва и скорость детонации инициального состава.

Упаковка. Капсюли-детонаторы упаковывают спойма и очень плотно по 100 штук в цинковые или жестяные квадратные коробки с крышкой, чтобы они в ней не шатались, для чего коробки по дну, крышке и боковым стенкам выкладывают прокладками из картона или гофрированной бумаги. Для более легкого и удобного вынимания первого капсюля из коробок необходимо вместе с последним капсюлем вкладывать отрезок бумажной ленты с таким расчетом, чтобы концы ее выступали наружу. Закрытую крышкой коробку склеивают по боковой поверхности полоской бумаги так, чтобы она захватывала одновременно и коробку и крышку.

Коробки упаковывают в папковый футляр по пять штук в каждый.

Папковые футляры упаковывают в большие оцинкованные или жестяные коробки с крышкой по 10 штук в каждую. Крышку коробки запаивают. Запаянную большую коробку укладывают в деревянный ящик. Крышку и дно ящика привинчивают железными винтами.

Все части упаковки должны плотно и без шатаний входить одна в другую.

Для плотности укладки допускаются деревянные и войлочные прокладки, а также засыпка зазоров стружками или опилками.

Маркировка. На крышке больших и малых жестяных коробок наклеивают этикетку с обозначением наименования завода, сорта капсюлей-детонаторов, их количества, номера партии, года изготовления и ОСТ 1599.

Внутри малой жестяной коробки кладут номер или фамилию укладчика.

На верхней крышке ящика маркируют: а) «взрывчатый груз» — надпись отчетливыми, крупными буквами, б) наименование завода, в) сорт капсюлей-детонаторов, г) количество детонаторов, д) номер партии, е) год изготовления, ж) вес брутто, з) ОСТ 1599.

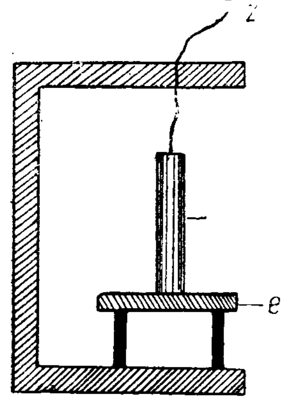
Методы испытания капсюлей

1. Испытание взрывом на свинцовой пластинке. На отрезок железной трубы (фиг. 60) с ровно спиленными краями диаметром 40 *мм* и высотой около 50 *мм* закладывают пластинку из мягкого листового рольного свинца размером 40×40 *мм* или круглую диаметром около 45 *мм*, толщиной 4 *мм* для капсюлей-детонаторов №№ 6М, 6Л, 6Ж и 6Б, толщиной 5 *мм* — для №№ 8М, 8Л, 8Ж и 8В и толщиной 6 *мм* — для № 8А.

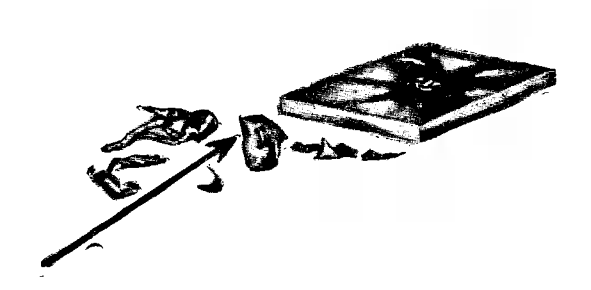
В центре пластинки строго вертикально устанавливается при помощи какой-либо поддержки испытуемый капсюль-детонатор, взрываемый бикфордовым шнуром или электрозапалом.

Капсюль-детонатор должен пробить свинцовую пластинку с образованием круглого сквозного отверстия в ней диаметром не меньше диаметра самого капсюля.

При этом бывает, что в случае недоброкачественности капсюля — перезапрессовки заряда и отсыревания, происходит неполный взрыв его — образование „пауков" (фиг. 61 — 62), что безусловно повлечет за собой неполноту взрыва заряда взрывчатого вещества

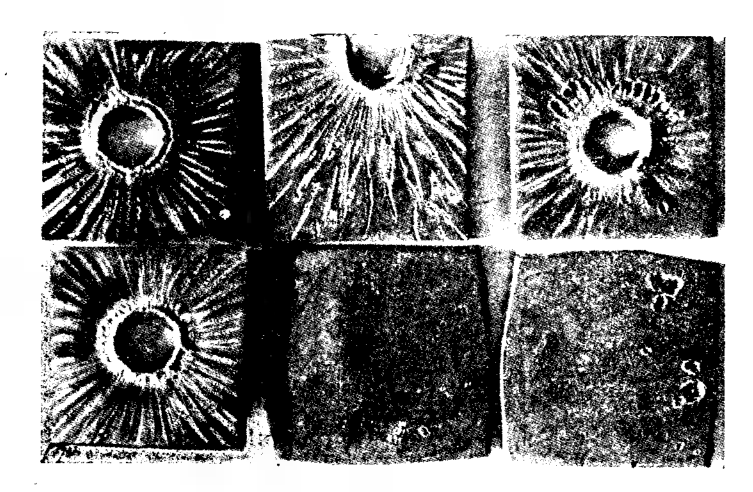


Фиг. 60. Прибор для испытания капсюлей-детонаторов подрывом на свинцовой пластинке.



Фиг. 61. Остаток детонатора „паук".

2. Испытание капсюлей на тряску. Для испытания берут 20 капсюлей-детонаторов и помещают группами по 5 штук в специальный прибор, в котором устанавливают 10 штук дульцем вверх и 10 штук дульцем вниз.



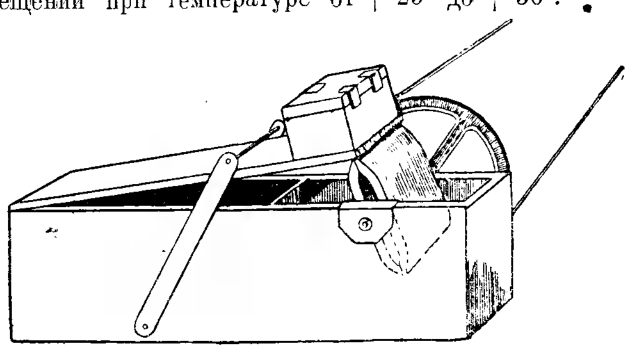
Фиг. 62. Фото-снимки свинцовых пластинок, на которых взрывались капсюли-детонаторы.

Тряска производится от привода на двухкулачном приборе (фиг. 63) при 30 об/мин и при высоте подъема в 15 *см*.

Испытание каждой группы в пять капсюлей производится в продолжение пяти минут.

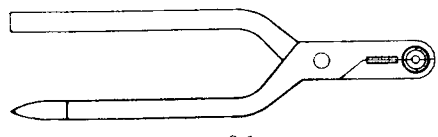
В результате испытаний не должно быть ни одного взорвавшегося капсюля-детонатора, выпавших чашечек и высыпавшегося состава.

Отсыревшие капсюли-детонаторы могут быть подсушены в специальном помещении при температуре от + 25 до + 30°.



Фиг. 63. Прибор для испытания капсюлей-детонаторов на тряску.

Техника огневого взрывания. Огневое взрывание, как мы уже сказали выше, производится запальной трубкой (фиг. 56), приготовляемой следующим образом: конец бикфордова шнура соответствующей длины, предназначаемый для вставления в капсюль, обрезается ровно и перпендикулярно оси. Вставленный в капсюль шнур должен быть доведен до гремучей ртути (или другого инициирующего взрывчатого вещества, смотря по сорту капсюля) и закрепляется в таком положении при помощи особого обжима (фиг. 64).



Фиг. 64. Обжим.

Капсюль обжимать сильно нельзя, так как при этом можно легко перерезать сердцевину шнура и получить отказ; если же шнур будет свободно помещен в капсюль, то во время работ трение его о поверхность гремучей ртути может вызвать неожиданный взрыв. Если шнур имеет диаметр менее обыкновенного и шатается в капсюле, то для удобства обжимания его обертывают куском прорезиненной ленты, делая всего один оборот.

Место соединения капсюля-детонатора с бикфордовым шнуром (асфальтированным и гуттаперчевым) при палении в мокрых местах и местах с водой необходимо тщательно изолировать. Наилучшей изоляцией является изоляционная прорезиненная лента, употребляющаяся в электротехнике. Всякая другая изоляция в виде сала, жира и т. п. является непригодной, ибо в жаркое время сало, имея низкую температуру плавления, расплавляется и флегматизирует взрывчатое вещество, делая его менее или совсем нечувствительным к действию искры бикфордова шнура. Для того чтобы легче производить зажигание бикфор-

дова шнура, делают на нем косой надрез, разворачивая его перед зажиганием, тем самым сохраняя целость пороховой сердцевины и облегчая зажигание.

Одновременно взрывание в одном и том же забое более восьми шпуров при проходке шахт и тому подобных случаях и более 12 шпуров при прочих подземных работах производить не следует. При проходке вертикальных выработок максимальное количество одновременно взрываемых шпуров согласно правилам безопасности не должно превышать четырех. Во избежание преждевременного взрыва бикфордов шнур для запальных трубок должен иметь достаточную длину.

Минимальная длина его может быть 60 *см*. Для нескольких же шпуров длина его должна быть следующей: при взрывании до двух шпуров — 70 *см*, до четырех — 90 *см*, до шести — 100 *см*, до восьми — 140 *см*. При затруднении выхода из данной выработки после зажигания шнура его длину можно еще несколько увеличить.

Недостатки огневого взрывания. 1. Взрывание ограниченного количества шпуров оказывает значительное влияние на скорость проходки и темпы добычи.

Благодаря разновременности взрыва отдельных зарядов шпуров эффект взрыва при огневом взрывании получается значительно меньший, чем при одновременном взрыве этих же зарядов.

2. Возможные случаи замедленного или ускоренного сгорания бикфордова шнура являются причинами несчастных случаев при взрывных работах.

Замедление горения обусловливается перерывом пороховой сердцевины. В этом случае обмотка шнура может тлеть до тех пор, пока огонь не достигнет конца прерванного участка, когда возобновится нормальное горение шнура. Были случаи запаздывания взрыва зарядов до одного часа и более.

Ускоренное горение шнура происходит от недостаточного уплотнения сердцевины, когда вместо сплошного слоя пороховой мякоти будут рассеяны отдельные частицы ее, а образующимися газами они будут стремительно перебрасываться к соседним пороховым частицам, вызывая преждевременный взрыв заряда. Это ускорение зависит от увеличения давления газов при горении сердцевины, затруднительного прохождения их через оболочку и препятствия к выходу по каналу. Также замедляется горение шнура при отсыревании его, свертывании и сгибании под углом и от прочих механических повреждений.

Для выявления плотности пороховой сердцевины бикфордов шнур просвечивается рентгеном. На снимке (фиг. 65) имеется один отрезок шнура, в котором совершенно отсутствует пороховая мякоть.

Еще более опасным является огневое взрывание при проходках. В этом случае запальщик после паления шпуров не может удалиться из забоя по своему желанию, а находится в зависимости от аккуратности верховых и исправности подъемных механизмов. Несвоевременный подъем букета до посадки в него запальщика влечет за собою смерть запальщика. Медлительность подъема также влечет за собой несчастный случай с запальщиком.

В газовых или пыльных шахтах огневое взрывание категорически воспрещается Правилами безопасности НКТ СССР.

В случае недочета при огневом взрывании в забой можно входить через более или менее продолжительное время, но не менее как через 15 минут. Несчастные случаи иногда бывают и при соблюдении этого условия. Следовательно помимо элементов опасности огневое взрывание влияет также на производительность и экономику взрывных работ.



Фиг. 65. Рентгеновский снимок бикфордова шнура.

СРЕДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВАНИЯ

Принцип электрического взрывания заключается в том, что электрический ток посредством искры или нагрева воспламеняет зажигательный состав электрозапала, который своим пламенем или искрой взрывает капсюль-детонатор.

Существуют три рода электрозапалов: 1) искровые, или большого сопротивления, 2) щелевые, или среднего сопротивления, и 3) накаливания, или малого сопротивления.

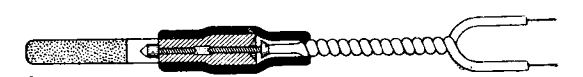
Первые два совершенно не имеют применения в горной промышленности, поэтому мы более подробно остановимся на запалах накаливания, имеющих исключительное применение во взрывном деле.

Запал большого сопротивления. Эти запалы также называются искровыми запалами, или запалами первого рода. Принцип их действия основан на том, что проводники в них между собой разобщены и проскакивает электрическая искра, воспламеняющая зажигательную смесь.

Наиболее характерным представителем этой группы является так называемый запал Дрейера, широко применявшийся в военном деле в начале XX столетия.

Запал Дрейера (фиг. 66) состоит из эбонитовой колодки, имеющей в верхней части 10 *мм* и в нижней около 6 *мм*, со сквозным каналом, в который ввинчиваются два медных винтика таким образом, чтобы расстояние между ними было в пределах 1—2 *мм*. В канал колодки между винтиками впрессовывается взрывчатая смесь из 52% бертоле-

товой соли, 42% сернистой сурьмы и 6% графита. К головкам винтов прикреплены проводники, причем на один из них, прикрепленный к винту с широкой головкой (на нашем чертеже — к верхнему), в уширенной части колодочки надевается коротенькая резиновая трубочка, охватывающая головку винта и дающая этим изоляцию. Провод, идущий



Фиг. 66. Запал Дрейера.

от нижнего винта, будучи оголен, проходит вдоль колодочки в особом желобке по наружной поверхности ее и при встрече с первым приобретает изолировку.

Поверх всего запала надета резиновая трубка, надрезанная до половины над уширенной частью колодочки. Эта трубка служит для предохранения запала от влажности и вместе с тем удерживает на месте насаживаемый на него капсюль. Проводник верхнего винта отмечается красной краской, что позволяет при взрывании поставить все запалы в одинаковые условия, приращивая все красные проводники к одной половине сети, а белые — к другой.

Сопротивление такого запала варьирует в пределах от 10 000 до 30 000 Ω и зависит от состава смеси, сухости и плотности ее, расстояния между винтиками и площади их поперечного сечения. Для взрыва требуется ток не менее 45 V, поэтому здесь будут пригодны все динамоэлектрические и магнитоэлектрические приборы и батареи из 30—40 элементов.

Чувствительность запалов зависит главным образом от расстояния между винтиками и остроты концов их.

При сближении винтиков на расстояние более указанного они становятся весьма чувствительными и могут во время грозы взорваться от индукции в проводниках, находясь даже под землей, что является весьма существенным наряду с другими присущими им недостатками. Это обстоятельство за последнее время почти совершенно вытеснило эти запалы из обращения.

Запалы требуют осторожного с ними обращения, так как сопротивление их может меняться от ударов и толчков.

При употреблении этих запалов для взрыва резиновый чехол отгибается, а на узкую часть колодочки насаживается капсюль № 8 вплотную до упора в уширенную часть.

Капсюль держится на запале давлением резиновой трубочки.

Величина напряжения тока, необходимая для взрывания запала Дрейера, возрастает с увеличением сопротивления запала.

Зависимость между сопротивлением запала в омах и разностью потенциалов в вольтах, потребной для успешного взрывания, видна из табл 26.

Кроме этого запала существует еще больший запал Дрейера, отличающийся от описанного нами тем, что винты в колодочке пропущены не вдоль, а поперек запала. Этот запал служит для взрывания пороха и вообще таких взрывчатых составов, которые могут взрываться от вспышки. Для взрывания пироксилина, динамита и тому подобных взрывчатых веществ он не пригоден.

Таблица 26

Сопротивление запала	Разность потенциалов
1 000	36
2 000	41
3 000	44
4 000	49
5 000	52
6 000	53
7 000	54
8 000	56
9 000	57
10 000	58
20 000	60
30 000	62
50 000	65
100 000	66

Запалы среднего сопротивления. Они называются также запалами второго рода, или щелевыми. Принцип их устройства заключается в том, что между двумя концами проводничков в запал помещается электропроводящая воспламенительная смесь. Ток, проходя по этой смеси, нагревает и взрывает ее, что в свою очередь воспламеняет гремучую ртуть капсюля.

Зажигательная смесь обычно готовится из бертолетовой соли, сернистой сурьмы, калиевой селитры, угля или графита.

Сопротивление этих запалов колеблется в пределах 300—1 000 Ω, причем сила тока, потребная для их взрывания, колеблется от 0,8 до 2 A при напряжении от 0,5 до 2 V.

Слишком большая чувствительность этих запалов, а также невозможность достижения однородности сопротивления не могли послужить стимулом для их распространения, и в наших условиях они не применялись. Не менее важным отрицательным качеством этих запалов являлась и опасность взрыва их от блуждающих токов в силу их чрезвычайно повышенной чувствительности даже к слабым токам.

За последнее время германская промышленность стала выпускать щелевые электрозапалы, предъявив к ним более строгие требования в отношении чувствительности и времени, потребного для их воспламенения.

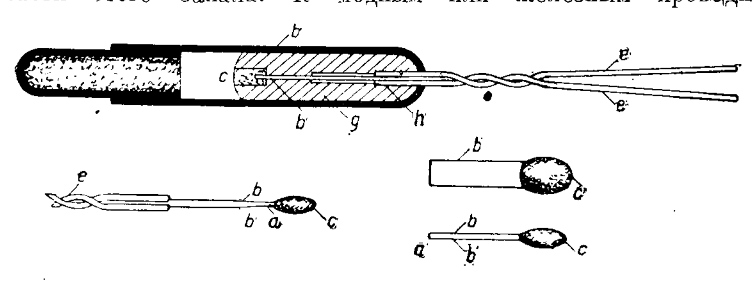
Так по новейшим условиям они не должны взрываться при пропускании тока напряжением 15 V, при действии на них тока в 220 V они должны взрываться в течение 0,025 секунды.

Пробковый запал состоит из деревянной колодочки, сквозь которую пропущены две медных проволоки; между ними помещен кусочек древесной пробки, а концы их плотно загнуты на пробку и отстоят один от другого на расстоянии 2 *мм*. Для того чтобы концы проволок лежали на своих местах плотно и неподвижно, нижние концы их прикреплены к поддону винтиками, к которым приращены два изолированных проводничка.

Пробка должна быть самого лучшего качества: сухая, чистая, без свищей и червоточин. Перед употреблением запала в дело пробка должна быть обожжена электрическим током. Обжигание производят следующим образом: один из концов запала соединяют с источником тока, помощью которого впоследствии будет произведен взрыв. К другому полюсу источника тока приращивают короткий проводник, противоположным концом которого проводят между концами проволок по пробке, на которую предварительно насыпают немного пороховой мякоти или мелкого угля. От действия тока пробка обугливается. Такое обжигание проводят до тех пор, пока на всем промежутке пробки между проволоками от легкого прикосновения проводника к свободному концу запала станет появляться ровное красное пламя. Обугленную поверхность для предохранения от повреждений смазывают легким слоем коллодиума.

Главное достоинство этих запалов состоит в простоте устройства, доступности и легкости приготовления и в том, что при воспламенении они дает большое и ровное пламя. Но у них есть один весьма существенный недостаток: изменчивость сопротивления, не поддающаяся учету. Этим объясняется их очень незначительное применение.

Кельнский электрозапал. На фиг. 67 показаны разрезы и отдельные части этого запала. К медным или железным проводничкам



Фиг. 67. Кельнский электрозапал.

диаметром в 0,7 *мм* припаяно по металлической пластинке *b* и между свободными их концами ущемлена картонная полоска *a*. Они подобно спичке обмакиваются в горячее вещество *c*, состав и проводимость которого меняются в зависимости от потребности. Для предохранения состава от сырости его покрывают лаком. Все эти части погружают в расплавленную серу *h* так, чтобы головка горючего вещества выходила из серы. Гильза *d* служит для соединения запала с капсюлем, который вставляется снизу.

Запалы малого сопротивления. Этот тип запалов, называющихся также запалами третьего рода или запалами накаливания, играет колоссальную роль при электрическом способе ведения взрывных работ

как в СССР, так и за границей и является буквально единственным применяемым типом запалов в нашей горной промышленности. Действие этого рода запалов основано на том же принципе, что и электрическая лампочка. К концам проводников этого запала припаивается отрезок платино-иридиевой или другой тонкой проволоки, называемый мостиком. При пропускании электрического тока этот мостик накаливается, от накала мостика воспламеняется зажигательная смесь, вызывающая в свою очередь воспламенение гремучей ртути капсюля.

Переходя к рассмотрению современного запала накаливания, нельзя не коснуться «платинового запала инженерного ведомства», который является предшественником и прототипом современного запала. В платиновом запале инженерного ведомства накаливается тонкая платиновая (с примесью 15% иридия) проволочка, припаиваемая к концам медных проволок, укрепленных в основании запала (фиг. 68).



Фиг. 68. Платиновый запал инженерного ведомства.

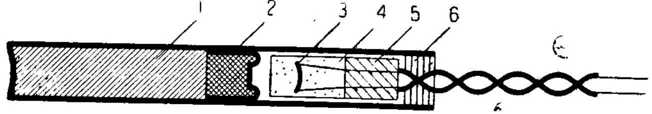
Медные тонкие изолированные проволоки пропускаются через эбонитовую колодочку; между концами проводников напаивается платиновая проволока; затем на колодочку надевается бумажная трубочка, внутрь которой насыпается воспламеняющийся состав, состоящий из 40% бертолетовой соли, 40% железистосинеродистого свинца и 20% порошка графита; трубочка закрывается бумажным кружком. Эта часть запала составляет так называемую заготовку и вставляется в тонкую латунную трубочку; свободный конец трубочки назначается для помещения в нем капсюля, который доходит до желобка, сделанного на трубочке; при пороховых взрывах отверстие трубочки закрывается пробкой, и запал работает без капсюля. Сопротивление запала 1,2—1,5 Ω, потребная сила тока 0,35 А.

Подрывная машинка образца 1913 г. может одновременно взорвать 20 таких запалов, для чего их нужно соединять последовательно. Один запал можно взорвать током угольноцинкового элемента.

В современных типах запалов накаливания платино-иридиевая проволока частично заменена никелиновой, реотановой или константановой. Последние значительно дешевле и много прочнее платиновой. Проволочка диаметром 0,035—0,05 *мм* и длиною 4—6 *мм* образует, как мы уже указывали, своего рода мостик, называемый «мостиком накаливания». Более короткие мостики неудобны, так как при прохождении тока они охлаждаются от мест припоя, а более длинные имеют слишком большое сопротивление. Мостик припаивается не в натяжку, а с прогибом. Этим исключается возможность повреждения мостика в местах спая и кроме того достигается большее соприкосновение мостика с воспламеняющимся составом. Сопротивление запалов накаливания варьирует в разных типах в пределах 0,5—2,0 Ω. Сила тока, потребная для взрывания одного запала, равняется 0,3—0,4 А.

Теперь переходим к рассмотрению современного типа электрозапалов.

Электрозапал, выпускавшийся нашей промышленностью до 1930 г., имел следующую конструкцию (фиг. 69). Два конца от отрезков медного звонкового провода сечением в 0,8 *мм*, длиной каждый по 1,25 *м* зачищены на концах от двойной пропарафиненной обмотки на 20 *мм* и пропущены через деревянную колодочку высотой в 5—6 *мм*. На образовавшуюся вилочку напаян мостик из платино-иридиевой проволоки длиной в 5—7 *мм*. Затем на колодочку наклеен бумажный цилиндрик длиной в 15—18 *мм*, в который насыпан порошкообразный зажигательный состав из 50% сернистой сурьмы и 50% пороховой мякоти.



Фиг. 69. Электродетонатор с порошкообразным запалом.
1—тетрил; *2*—гремучая ртуть; *3*—мостик; *4*—порошкообразный запал; *5*—деревянная колодочка; *6*—обжим.

Описываемый тип электрозапала имел много неудобств, заключавшихся главным образом в следующем:

1. Зажигательный состав, имевший в качестве одного из компонентов сернистую сурьму, обладал чересчур повышенной чувствительностью к трению и являлся фрикционным (терочным) составом. Благодаря этому при неосторожном даже легком выдергивании проводников капсюль взрывался в руках запальщика и вызывал несчастные случаи.

2. Ручная насыпка порошкообразного состава, часто неполномерная, при легком встряхивании запал во время транспортировки и т. д. влияла на оголение мостика от состава, следствием чего при целости электрозапала во время паления получался значительный процент отказов.

3. Платино-иридиевая проволочка, из которой изготовлялся мостик накаливания, была очень хрупка. Вследствие этого были многочисленные нарушения целости мостика, в связи с чем получалось также большое количество отказов.

4. Применявшийся медный звонковый провод сечением в 0,8 $мм^2$ требовал большего расхода ценного и остро дефицитного металла. Кроме того такой острый провод вовсе не был обязателен и с успехом мог быть заменен проводом меньшего сечения, например в 0,5 $мм^2$.

Фиг. 70. Электродетонатор с коллодийным запалом.

Усовершенствованный выпускаемый в настоящее время тип электрозапала (коллодийного) сводится к следующему (фиг. 70).

Два отрезка медного звонкового провода длиной по 1,25 *м*, сечением в 0,4 $мм^2$, с пропарафиненной обмоткой скручены на протяжении около 50 *мм*. К зачищенным от обмотки концам припаян и одновременно приклепан мостик из тонкой константановой проволоки длиной в 5—8 *мм*. На вилочку мостика надевается цилиндрик, наполненный легко высыхающей коллодийной массой, имеющей в составе отчасти растворимый пироксилин, пороховую мякоть, железисто-синеродистый свинец и бертолетовую соль. Состав размешан в растворителе, который при последующих операциях удаляется. Благодаря этому запальная масса плотно держится на мостике, одновременно защищая его от повреждения.

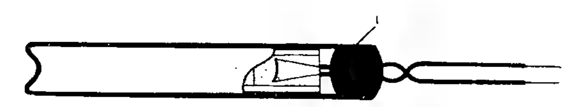
Такой тип запала имеет те преимущества, что он, во-первых, совершенно безопасен в обращении и не воспламеняется при неосторожном или даже преднамеренном выдергивании проводников и, во-вторых, исключает всякую возможность отказов из-за оголения мостика от состава или поломки мостика.

Электродетонаторы. Электрозапал сам по себе может служить лишь для воспламенения черного пороха. Для взрывания же всех прочих взрывчатых веществ его необходимо соединить с капсюлем, от взрыва которого взрывчатые вещества детонируют.

Сочетание электрозапала с капсюлем-детонатором называется электродетонатором.

Обычно промышленность готовить два типа электрозапалов. Для одного из них завод сам на месте производит соединение электрозапала с капсюлем, в других же случаях электрозапал укрепляется в пустую медную гильзу до половины; вторая половина, закрытая пробкой, оставляется свободной и предназначается для закрепления капсюля-детонатора. В данном случае это соединение производится уже на месте работ. Делается это для того, чтобы уменьшить опасность при транспортировании, так как опасная часть электродетонатора имеет сравнительно малый объем, главную же массу груза составляет менее опасная часть, при перевозке которой нет необходимости соблюдать те предосторожности, которые имеют место при перевозке капсюлей.

На заводах скрепление электрозапала с капсюлем-детонатором производится обычно на обжимном станке, после чего место соединения изолируется специальной мастикой, которая наносится в разогретом состоянии. Мастика обычно готовится из смеси гудрона, воска, мумии и канифоли. Подбирается такой состав, чтобы при застывании он не был ни ломким, ни клейким. В зимнее время для уменьшения хрупкости и понижения точки плавления добавляется касторовое масло. Но все же подобная изоляция часто не достигает цели, и мастика ломается, нарушая целость изоляции.



Фиг. 71. Электродетонатор с заливкой мастики внутрь.
1 — заливка.

Подобную изоляцию можно делать другим путем, а именно заливкой мастики внутрь капсюля (фиг. 71), чем достигаются прочность изоляции, невозможность расшатывания проводников, склеивания электродетонаторов между собой и поломки мостика благодаря применению мастики с более высокой точкой плавления, прочно удерживающей проводники в приданном им положении.

В зависимости от состава инициирующих веществ, применяемых для

снаряжения капсюля-детонатора, установлены следующие типы электродетонаторов[1] (табл. 27):

Таблица 27

	Наименование электродетонаторов	Инициирующий состав, *г*	Материал гильз	Размер гильз: наружный диаметр *мм*	Размер гильз: длина *мм*
1	Гремучертутнотетриловый № 8.	а) Гремучая ртуть 0,5 ± 0,02 (ОСТ 4656) б) Тетрил 1,0±0,05 (ОСТ 3514)	Красная медь Железо Биметалл Бумага	от 6,8 до 7,0	47±1 или 52±1
2	Азидотетриловый № 8	а) Азид свинца 0,2 ± 0,02 б) Тринитрорезорцинат свинца 0,15±0,02 в) Тетрил 1,0± ±0,05 (ОСТ 3514)	Алюминий Железо	от 6,8 до 7,0	47±1 или 52±1
	Гремучертутнопентритовый № 8.	а) Гремучая ртуть 0,5 ± 0,02 (ОСТ 4656) б) Пентрит 1,0± ±0,05	Красная медь Железо Биметалл	от 6,8 до 7,0	47±1 или 52±1
4	Азидопентритовый № 8	а) Азид свинца 0,02±0,02 б) Тринитрорезорцинат свинца 0,15±0.02 в) Пентрит 1,0± ±0,05	Алюминий Железо	от 6,8 до 7,0	47±1 или 52±1

Кроме того в зависимости от срока хранения, материалов проводников и мостика и состава запальной части электродетонаторы разделяются на следующие группы (табл. 28):

[1] По проекту ОСТ.

Таблица 28

Группа	Материал оболочки	Материал проводников	Материал мостика накаливан. и его диам. *мм*	Пределы сопротивл. электродетонаторов Ω	Состав запальной части	Срок хранения
А.	Красная медь	Красная медь	Платино-иридиевая проволока 0,035	1,0—1,5	Пироксилиновая ватка	Долгосрочное (свыше 1 года)
Б.	Красная медь	Красная медь и алюминий	Платино-иридиевая проволока 0,035	1,0—1,5	Коллодийный запал	Долгосрочное (свыше 1 года)
В.	Красная медь Железо Биметалл. Алюминий Бумага Латунь Л-68	Красная медь	Константановая проволока 0,05 или 0,035	0,8—2,0	Пироксилиновая ватка	Краткосрочное (до 1 года)
Г.	То же	Красная медь	Константановая проволока 0,035 или 0,035	0,8—2,0	Коллодийный запал	Краткосрочное (до 1 года)
Д.	То же	Биметалл Луженое железо	Платино-иридиевая проволока 0,035	0,8—2,0	Пироксилиновая ватка	Краткосрочное (до 1 года)

Требования, предъявляемые к электродетонаторам. 1. Инициирующий состав капсюлей-детонаторов, употребляемых для изготовления электродетонаторов, материал гильз и их размеры должны соответствовать данным вышеприведенной таблицы, а во всем остальном капсюли-детонаторы должны удовлетворять техническим условиям ОСТ 1599 (2-е издание).

2. Состав запальной части электродетонаторов и материалы, идущие на его изготовление, должны удовлетворять требованиям соответствующих ОСТ или существующим заводским техусловиям.

3. Для изготовления электродетонаторов должны применяться так называемые звонковые проводники, имеющие изоляцию из двойной тонкой хлопчатобумажной оплетки, пропитанной парафином, и имеющие металлическую жилу в одну проволоку.

Материал жилы должен соответствовать указаниям, помещенным в табл. 28, в зависимости от срока хранения и материала, употребляемого на изготовление мостика и запального состава.

Сечение жилы подбирается в зависимости от сопротивления металла, сопротивления мостика и длины самих проводов с тем, чтобы общее сопротивление электродетонатора не выходило за пределы, указанные в табл. 28. Нормальным признается диаметр медной жилы 0,5 *мм* и железной 0,8 *мм*.

Электродетонаторы, предназначаемые для применения в сырых или мокрых местах, должны иметь проводники с гуппероловской изоляцией и жилу, отвечающую вышеуказанным требованиям.

Длина проводников должна быть поставлена в зависимости от требования потребителей (условий договора) и общего сопротивления электродетонатора и может иметь следующие размеры (табл. 29).

Таблица 29

№№ по порядку	Длина проводников *см*	Допуски, *см*
1	75	± 2
2	100	± 2
3	125	± 3
4	150	± 3
5	200	± 4
6	250	± 4
7	300	± 5

Свободные концы проводников, предназначенные для соединения с другими проводниками, должны быть очищены от изоляции по длине не менее 2,5 *см* без надрезания самой жилы.

4. Для изготовления мостиков накаливания применяется платино-иридиевая проволока (сплав Геффа, состоящий из 15% иридия и 85% платины) диаметром 0,035 *мм* + 0,003 *мм* или константановая проволока диаметром 0,035 или 0,05 *мм* (табл. 28).

Мостики припаиваются к проводникам чистым оловом при помощи спиртового раствора канифоли. Кислотная пайка мостиков не допускается. На мостике не должно быть наплывов олова. Допускается закрепление мостика посредством зажимания его в загнутых проводниках, но с обязательной припайкой.

5. Для обеспечения воспламенения зажигательного состава последний должен плотно облегать мостик накаливания со всех сторон, для чего при пироксилиновом запале ватка должна в достаточном количестве быть плотно навитой на мостик и концы проводников, а при коллодийном запале мостик должен быть глубоко погружен в зажигательный состав.

6. Для закрепления электрозапала в гильзе капсюля-детонатора могут применяться два способа:

а) при запале с пироксилиновой ваткой открытый конец капсюля обжимается фигурным пуансоном по проводникам на протяжении не менее 10 *мм* от конца дульца, после чего обжатый конец гильзы и прилегающие к нему провода покрываются слоем изоляционной мастики. Последняя не должна размягчаться при температуре 50° и быть хрупкой при охлаждении.

б) При коллодийном запале в открытый конец капсюля при помощи специального приспособления вводится в размягченном состоянии изолирующий состав. Изолирующий состав должен иметь температуру плавления в пределах 60—80° и вводиться в электродетонатор при температуре не свыше 90°. Состав должен плотно заполнять указанное выше пространство. Скрепление запала с капсюлем-детонатором должно выдерживать сопротивление на разрыв не менее 3 *кг*.

7. Электрическое сопротивление электродетонатора должно быть в пределах, указанных в табл. 28.

8. Чувствительность электродетонатора, т. е. минимальная сила тока, взрывающая запал, должна быть не более 0,40 А при действии тока в течение 0,25 секунды.

Вместе с тем электродетонатор не должен взрываться при продолжительном действии на него токов малой силы, порядка 0,05 А и ниже, в течение 5 минут.

9. Электродетонаторы должны выдерживать следующие испытания:
1) Наружный осмотр и проверка размеров.
2) На электрическое сопротивление.
3) На пробивание свинцовой пластинки.
4) На чувствительность.
5) На групповой подрыв.
6) На прочность мастики.
7) На безопасность в обращении.
8) На тряску.
9) На водонепроницаемость (только для электродетонаторов с гупперовским проводом).

Проверка количества. При отборе электродетонаторов поверяется счетом число их в 10 коробках. Если при этом будет обнаружена недостача хотя бы одного электродетонатора, то число их поверяется еще в 20 коробках, и если обнаружится недостача хотя бы еще одного, то вся партия возвращается заводу для проверки и переукупорки.

Наружный осмотр и поверка размеров. Поверка размеров производится при помощи лекал и шаблонов. Размеры гильз электродетонаторов должны соответствовать величинам, указанным в табл. 28, в противном случае партия электродетонаторов возвращается заводу на пересортировку.

Недостатки по внешнему виду разделяются на а) недопустимые недостатки — сквозные трещины, раковины, помятости, трещины мастики, расшатанные проводники, и б) допустимые недостатки — царапины, не задеваемые ногтем, и незначительные следы на гильзах, происходящие от изнашивания матриц, небольшая вздутость гильзы в месте расположения чашечки, не превышающая предела наружного диаметра, и потемнение гильзы и налет ржавчины (последнее при железных гильзах).

При наружном осмотре осматриваются 100 штук электродетонаторов, и если обнаружится один электродетонатор с недостатками, перечисленными под рубрикой недопустимых, то осматривается еще 50 штук, и если при этом вновь обнаружится хотя бы один с указанными недостатками, то вся партия возвращается заводу на пересмотр.

Для групп «А» и «Б» эти недостатки совершенно не допускаются.

Электродетонаторы с допустимыми недостатками при осмотре 100 штук не должны превышать 3% для групп «А» и «Б» и 5% для остальных групп, в противном случае партия возвращается заводу на пересмотр.

Испытание электрического сопротивления. Измерение сопротивления электродетонаторов производится при помощи мостика кольрауна, универсального гальванометра Сименса или омметра.

Эталоны для указанных приборов должны быть проверены Всесоюзным институтом мер и весов и должны иметь соответствующий паспорт, устанавливающий степень точности в показании самого прибора. Поверка электроизмерительных приборов должна производиться не реже трех раз в год.

Электродетонаторы должны быть рассортированы таким образом, чтобы разница сопротивлений между электродетонаторами, находящимися в одной и той же коробке, не превышала 0,05 Ω при сопротивлении электродетонатора до 1 Ω и 0,1 Ω при сопротивлении свыше 1 до 2 Ω.

При указанном ранее отборе проб отбираются 100 штук, подобранные по однородному сопротивлению, и проверяются на величину сопротивления. Если будет установлено, что более 3% из взятых для поверки электродетонаторов имеют сопротивление менее или более пределов, указанных в табл. 28 или же окажется, что электродетонаторы одной и той же коробки дают между собой разницу более указанной в абзаце 3 настоящего раздела или на такую же величину отличаются от сопротивления, помеченного на данной коробке, то повторяют аналогичное испытание еще с 100 штуками, и при обнаружении вновь отклонения в вышеуказанных размерах вся партия возвращается заводу на пересортировку.

Одновременно с поверкой сопротивления производится поверка на отсутствие электродетонаторов с так называемым «блуждающим» сопротивлением, т. е. таких, у которых один из концов мостика не плотно прикреплен к проводнику.

Для этого берется 20 штук электродетонаторов из числа взятых для проверки на сопротивление и точно измеряется сопротивление каждого последовательно два раза, причем после первого измерения производится легкое постукивание электродетонатора о ладонь руки. При наличии блуждающего сопротивления будет при повторном измерении сопротивления электродетонатора обнаружена разница с первоначальным измерением.

Если на испытываемые 20 штук будет обнаружен один электродетонатор с блуждающим сопротивлением, то поверяются еще 20 штук, при обнаружении вновь одного электродетонатора с указанным дефектом вся партия возвращается заводу на пересмотр.

Возвращается партия и тогда, когда при поверке первых 20 штук будет обнаружено более одного электродетонатора с блуждающим сопротивлением.

Испытание на полноту взрыва и на пробивание свинцовой пластинки. Испытание на полноту взрыва и на пробивание свинцовой пластинки производится в соответствии с ОСТ 1599 (2-е издание) на капсюли-детонаторы, причем электродетонаторы, обозначенные на табл. 27 под №№ 1 и 2, должны пробивать свинцовую пластинку толщиной в 6 *мм*, а означенные под №№ 3 и 4 — в 8 *мм*.

Для производства этого испытания берется не менее 30 штук электродетонаторов из числа ранее отобранных и проверенных на сопротивление. Если при этом испытании хотя бы один из них не взорвется, или даст неполный взрыв, или не пробьет свинцовой пластинки, то испытанию подвергают еще 30 штук электродетонаторов. Если и в этом случае обнаружится один из вышеуказанных дефектов, то партия бракуется.

Бракуется партия и тогда, если при испытании первых 30 штук окажется более одного электродетонатора, не давшего нормальных результатов.

Испытание на чувствительность. Испытание на чувствительность, т. е. установление минимальной силы тока, потребной для взрыва электродетонаторов, производится путем взрывания по одиночке 20 штук электродетонаторов из числа отобранных ранее и проверенных по сопротивлению путем пропускания электрического тока от осветительной сети (через трансформатор, понижающий силу тока до 0,40 А) или батареи элементов. Ток пропускается через амперметр, показывающий 0,40 А. Последовательно включается прерыватель, установленный на продолжительность непрерывного действия тока в 0,25 секунды.

Если окажется, что более 5% из взятых для испытания электродетонаторов дают отклонение более 0,05 А против требующихся 0,40 А, то испытывается еще 20 штук, и при повторении указанных дефектов партия бракуется.

Одновременно электродетонаторы подвергаются испытанию на невзрываемость при пропускании тока силой 0,05 А в течение 5 минут, причем не допускается ни одного взрыва.

Испытание на групповой подрыв. Для испытания на безотказность взрыва в цепи берутся три группы по 20 штук из числа ранее отобранных и проверенных по сопротивлению, обязательно с однородным сопротивлением, и подрываются от источника тока силой 0,7 А и напряжением в 42 V. Показатели мощности источника тока поверяются перед каждым взрывом.

Если при испытании хотя бы один электродетонатор не взорвется или даст неполный взрыв, то испытанию подвергается еще одна группа в 20 штук, и не допускается более одного отказа или неполного взрыва на все 80 штук.

Примечание. Указанное испытание производят, помещая каждый отдельный электродетонатор в прочный металлический стакан или же в вырытую в земле ямку.

Поверка прочности наружной изоляционной мастики. Из отобранных ранее проб берутся 10 электродетонаторов и помещаются в сушиль-

ный шкаф, в котором поддерживается температура в 45° в течение одного часа. При этом испытании мастика не должна размягчаться и оплывать.

Испытание на безопасность обращения. Не менее 10 штук электродетонаторов из числа отобранных ранее подвергаются испытанию на чувствительность запального состава к трению, для чего в толстой доске проделывается отверстие диаметром 4—5 *мм*. Через него протягиваются проводники электродетонатора, после чего энергичным рывком выдергивают проводники из гильзы.

Если при этом хотя бы один электродетонатор взорвется, то производят еще раз испытание с тем же количеством и при повторении взрыва вся партия бракуется.

Испытание на тряску. Не менее 20 штук электродетонаторов из ранее отобранных проб помещают группами в специальный прибор для испытания на тряску. Тряска должна производиться от привода на двухкулачном приборе при 30 оборотах в минуту и при высоте подъема в 15 *см*.

Испытание каждой группы в 5 электродетонаторов производится в продолжение 5 минут.

В результате испытаний не должно быть взрывов, повреждения мостика или трещины мастики.

При неудовлетворительных результатах партия бракуется.

Испытание ка водонепроницаемость. Из числа ранее отобранных проб берется не менее 90 штук электродетонаторов и погружаются в воду вместе с проводниками на один час на глубину в 0,5 *м*, причем температура воды должна быть 15—20°. В течение этого времени электродетонаторы 3—4 раза поворачиваются и перекладываются, не вынимая их из воды.

По истечении одного часа указанные электродетонаторы извлекаются из воды и подвергаются испытаниям.

Такому испытанию подвергаются исключительно электродетонаторы с гупперовским проводом.

Укупорка электродетонаторов

1. Проводники электродетонаторов должны быть свернуты в бухточки длиною 10—15 *см*.

2. Мастика, покрывающая часть гильзы и проводников, должна быть опудрена тальком или другим опудривающим порошком.

3. Электродетонаторы должны быть рядами уложены в картонные коробки в количестве 50 штук для гупперовского провода и 150 штук для звонкового провода, причем каждый ряд пересыпается сухими опилками или прокладывается **гофрированной бумагой.**

Внутрь каждой коробки вкладывается номер укладчицы (сортировщицы).

Десять коробок помещаются в металлический (для групп «А» и «Б») или картонный короб. Металлический короб запаивается, а картонный оклеивают по шву прорезиненной или плотной бумажной, на водонепроницаемом клее, лентой, после чего весь короб парафинируется.

Короб укладывается в деревянный ящик с толщиной стенок не менее 15 *мм*. Свободные промежутки между коробом и деревянным ящиком заполняются сухими опилками или стружками.

Ящик должен быть сделан на шипах, обвязан отожженной проволокой и иметь пломбы приемщика. Крышка и дно ящика привинчиваются железными винтами.

Примечание. Взамен обвязки проволокой допускается наложение сургучной печати в специальном углублении около места нахождения ввернутого шурупа.

4. На крышке малой картонной коробки наклеивается этикет со следующим содержанием:

а) наименование завода;

б) наименование электродетонаторов, количество их в коробке и характер применения (для мокрых или сухих работ);

в) обозначение группы согласно табл. 28;

г) величина сопротивления электродетонаторов, помещающихся в данной коробке;

д) материал гильзы и проводов;

е) номер партии и дата изготовления;

ж) ОСТ...

5. На деревянной таре трафаретом должно быть обозначено наименование завода, сорт и количество электродетонаторов, номер партии, номер ящика в партии, год изготовления, вес брутто и ОСТ...

Кроме того на крышке и на одной из боковых сторон наносятся трафаретом отчетливые надписи:

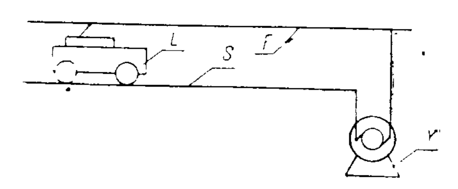
«Электродетонаторы», «Не грузить со взрывчатыми веществами».

Такие электродетонаторы являются действительно водонепроницаемыми и при выпуске с завода испытываются путем замачивания их в воде, после чего они должны давать те же результаты, что и электродетонаторы с звонковым проводом.

Высокоомные электродетонаторы. Применение электродетонаторов в современных условиях горной промышленности прежде всего должно в целях полнейшей безопасности быть совершенно предохранено от возможности преждевременных взрывов вследствие действия блуждающих токов. Эта опасность еще более усугубляется тем, что наша промышленность переходит к широкой механизации откатки и замене конной тяги электровозами. На фиг. 72, 73, 74, 75 схематично показаны пути движения блуждающих токов, возбуждающих опасность преждевременного взрыва низкоомных (от 0,6 до 1 Ω) электродетонаторов. Во избежание этой опасности в шахтах, имеющих электрооборудование, желательно применение высокоомных электродетонаторов, при которых действие блуждающих токов совершенно парализуется высоким сопротивлением каждого отдельного электродетонатора.

В Германии вырабатываются два типа высокоомных электродетонаторов — один по типу накаливания, а другой по типу щелевых. Электродетонатор накаливания построен на том принципе, что к мостику накаливания (платино-иридиевому или из другого металла) включается дополнительное сопротивление витков проволочки из этого же самого материала, как и мостик (или из другого), соединенных непосредствен-

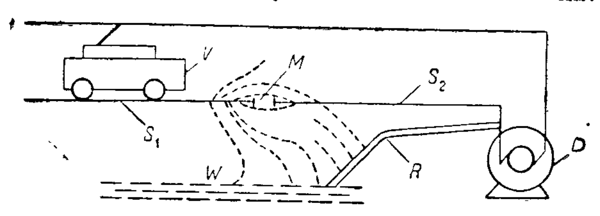
но с мостиком, причем во всех случаях это дополнительное сопротивление должно находиться под мостиком накаливания в электродетонаторной гильзе. Такие электродетонаторы имеют среднее сопротивление от 60 до 120 Ω.



Фиг. 72. Блуждающие токи.
L—электровоз; *F*—провода; *S*—рельсы.

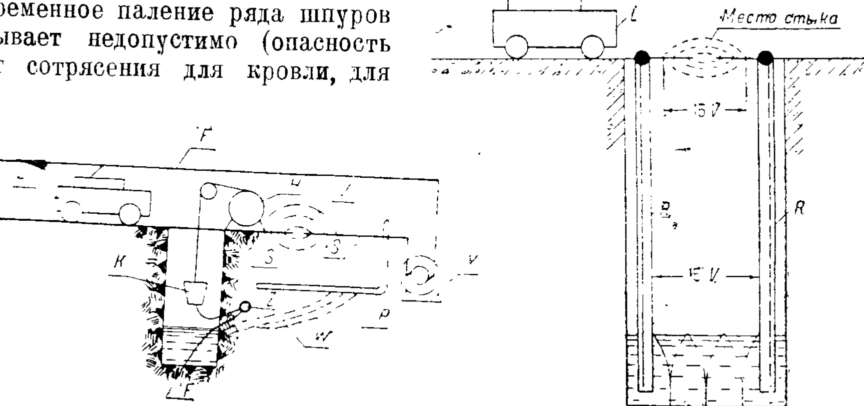
При напряжении до 2 V блуждающие токи обычно могут производить преждевременные взрывы низкоомных электродетонаторов; высокоомные же электродетонаторы требуют напряжения от 8 до 10 V, и поэтому при их применении действие блуждающих токов уже не является опасным.

Другой тип представляет собой высокоомный щелевой электродетонатор, в котором два ведущих проводничка соединены между собою мостиком, причем мостик этот помещен под нормальной щелью электрозапала, имеющего очень высокое сопротивление (не менее 20 000 Ω); шунтовая же часть электропальника имеет очень незначительное сопротивление — не более 0,5 Ω.



Фиг. 73. Блуждающие токи.
D—динамо; *M*—место стыка.

Электродетонаторы замедленного действия. Когда одновременное палание ряда шпуров бывает недопустимо (опасность от сотрясения для кровли, для



Фиг. 74. Блуждающие токи.

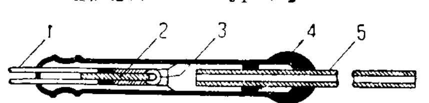
Фиг. 75. Блуждающие токи.

крепления или механизмов) или же когда по условиям работ (при проходке шахт) требуется, чтобы палание производилось разновременно, с небольшими промежутками, необходимо применять электродетонаторы замедленного действия. Иногда ряд быстропоследовательных взрывов даже выгоднее, чем одновременный взрыв, так как первые шпуры, делая вруб, облегчают работу следующих зарядов.

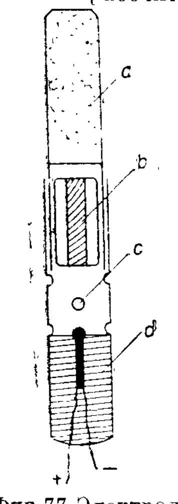
Сущность такого рода электродетонаторов заключается в том, что в них между воспламеняющим составом электрозапальной части и капсюлем-детонатором помещается или отрезок бикфордова шнура или же особый дистанционный замедляющий состав.

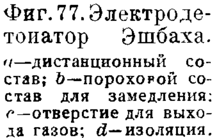
Согласно этому подразделению германской промышленностью вырабатываются два основных типа подобных электродетонаторов: Кельнский и Эшбаха.

Кельнский электрозамедлитель (фиг. 76) представляет собой обыкновенный электрозапал, закрепленный в медной гильзе, с противоположной стороны которой укреплен отрезок бикфордова шнура, рассчитанный на определенное время горения (как нами ранее было указано, скорость горения бикфордова шнура равняется 1 *см* в секунду). Свободный конец бикфордова шнура соединяется в свою очередь с капсюлем-детонатором. Этот тип электродетонаторов выпускается с различным временем замедления, причем интервалы между взрывами отдельных запальников рассчитаны на ½ секунды.

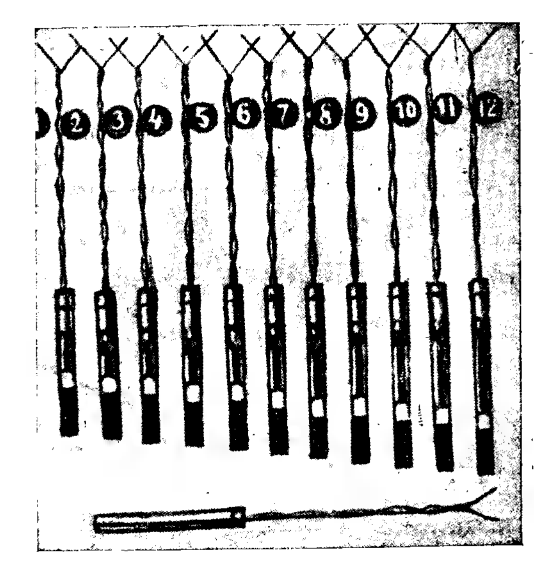


Фиг. 76. Кельнский электрозамедлитель.
1—проводнички; *2*—затравка; *3*—запальная часть; *4*—мастика изоляционная; *5*—бикфордов шнур.





Фиг. 77. Электродетонатор Эшбаха.
a—дистанционный состав; *b*—пороховой состав для замедления; *c*—отверстие для выхода газов; *d*—изоляция.



Фиг. 78. Электродетонатор Эшбаха.

Электрозамедлитель Эшбаха (фиг. 77 и 78) отличается от предыдущего тем, что в нем вместо бикфордова шнура между запалом и детонатором введен специальный дистанционный порохозой состав, длиной которого и регулируется разница в интервалах между воспламенением отдельных электродетонаторов. Различные интервалы горения

здесь указаны на самом электродетонаторе, между отдельными же пальниками этот интервал равен 1 секунде. Данные, характеризующие интервалы горения электродетонаторов со шнуром или запрессованным в самом электродетонаторе пороховым составом, видны из следующей таблицы:

Электродетонаторы Эшбаха			Электропальники замедленного действия со шнуром		
номер электродетонатора	интервалы между взрывом сек.	длина электродетонатора *мм*	номер электропальника	интервалы между взрывом сек.	длина электропальника *мм*
1	0	51	1	0	50
2	1	54	2	1	70
3	2	57	3	2	90
4	3	60	4	3	120
5	4	63	5	4	130
6	5	66	6	5	150
7	6	69	7	6	170
8	7	72	8	7	190
9	8	75	9	8	210
10	9	78	10	9	230

В конструкции Эшбаха исключается сбрасывание детонатора, происходящее от давления выделяющихся при горении газов, так как в гильзе замедлителя имеется отверстие для выхода газов.

Сущность электрозамедлителя, желательного к применению в нашей промышленности, заключается в том, что металлическая гильза (фиг. 79), в которой помещается электрозапальная часть, в том месте, где находятся выходные отверстия для образующихся при воспламенении газов, закрывается наглухо резиновой трубочкой; при воспламенении газы, оказывая давление на резиновую трубочку, несколько расширяют ее, благодаря чему давление не повышается и сгорание протекает нормально. Кроме того бикфордов шнур применен не обыкновенный, а нетлеющий, изготовляемый нашими заводами.

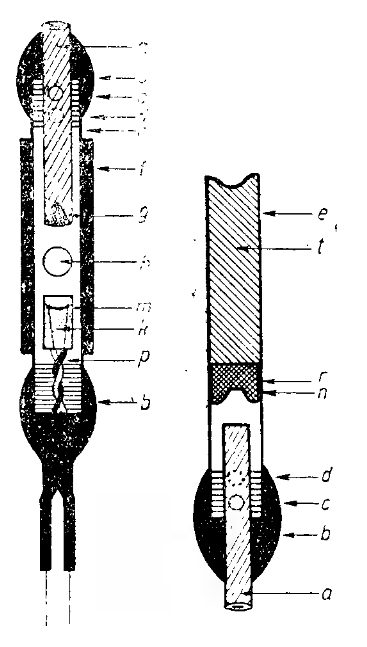
Благодаря такой комбинации из специального бикфордова шнура (негорящего и не боящегося влажности) и упразднению недостатков германских электрозамедлителей действие таких электрозамедлителей безупречно.

Источники тока для электропаления. В качестве источников тока могут служить: 1) осветительная сеть, 2) магнитоэлектрические машинки, 3) динамоэлектрические машинки, 4) аккумуляторы и гальванические элементы.

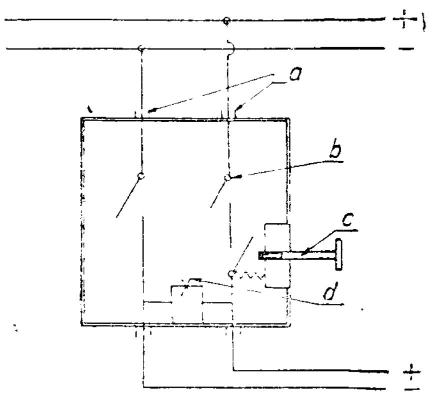
1. Осветительная сеть. Паление от электрической осветительной сети в подземных работах, как правило, разрешается исключительно в непыльных и негазовых шахтах, так как при наличии рубильника, который при включении обычно дает искру, является опасность взрыва при неблагоприятной концентрации газа или пыли.

На открытых горных работах паление от электрической сети разрешается во всех случаях и требуется обязательно тогда, когда одновременно выпаливается большое количество шпуров (больше 12), или тогда, когда взрываются большие заряды, например при массовых обрушениях.

Паление от сети разрешается от тока напряжением не свыше 110—120 V, так как токи более высокого напряжения (220 V и выше) пережигают тонкую проволочку мостика накаливания раньше, чем воспламеняется зажигательная смесь электрозапала, или, если сказать иначе, при взрывании от токов высокого напряжения (свыше 110 V) время, потребное для полного накаливания мостика, меньше, чем время, потребное для воспламенения зажигательной смеси. В таких случаях мостик перегорает, не воспламеняя смеси не взрывая запала, и своим перегоранием размыкает всю цепь, что может привести к массовым отказам.



Фиг. 79. Электродетонатор замедленного действия.



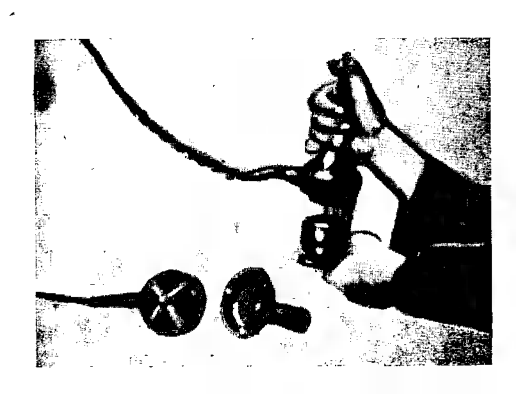
Фиг. 80. Схема стационарного рубильника.

В силу этого, когда на шахтах в осветительной сети проходит ток напряжением свыше 110 V, то перед рубильником необходимо ставить реостат с добавочным сопротивлением или же привключать несколько ламп с таким расчетом, чтобы напряжение тока при входе его в рубильник было ни в коем случае не выше 110 V.

При палении от осветительной сети обычно пользуются стационарным рубильником, схема которого видна из фиг. 80.

Рубильник должен помещаться в особом шкафу, ключ от которого должен находиться у лица, ответственного за паление. Рубильник из предосторожности должен быть устроен так, чтобы включение тока производилось не одним, а несколькими движениями рукоятки, что дает возможность опомниться запальщику, сделавшему ошибку. Для этой же цели служат контрольные лампочки. При стационарных работах должен быть установлен вольтамперметр для проверки осветительной сети.

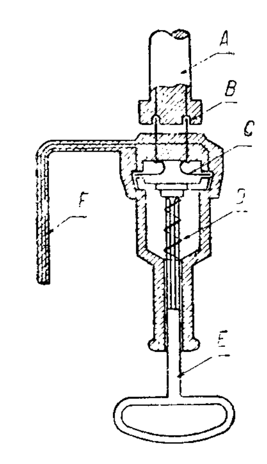
Паление от такого устройства производится следующим порядком: когда вся цепь электродетонаторов соединена и целость ее проверена посредством соответствующего измерительного прибора, шкаф отпирают и, не присоединяя магистрального штепселя к розетке, включают выключатель. Если контрольная лампочка загорается, следовательно все устройство уже находится под током и можно приступать к дальнейшей операции. Штепсель магистрали включается в розетку, затем включается рубильник, после чего поверяется еще раз, все ли люди удалились от места взрыва, и, уже получив полную уверенность, что все люди находятся в безопасном месте, включается рубильник, т. е. производится взрыв.



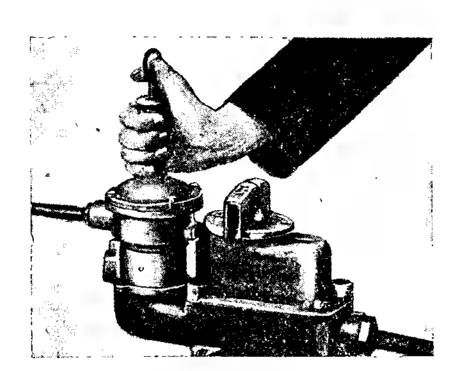
Фиг. 81. Выключатель для паления шнуров при помощи сильного тока (фирмы Сименс-Шуккерт).

Система двух рубильников устроена для того, чтобы работник, включающий ток, мог своевременно опомниться в том случае, если не все рабочие удалены от места взрыва и включение производится машинально. При одном рубильнике такого промежуточного момента нет, и вследствие этого включение тока в цепь может быть произведено машинально, и люди, не успевшие удалиться из забоя, могут пострадать.

Кроме этого можно еще рекомендовать способ, нашедший себе широкое применение за границей. Это паление от переносного выключателя фирмы Сименс-Шуккерт, изображенного на фиг. 81. Помощью двух штифтов выключатель соединяется с подводящей ток



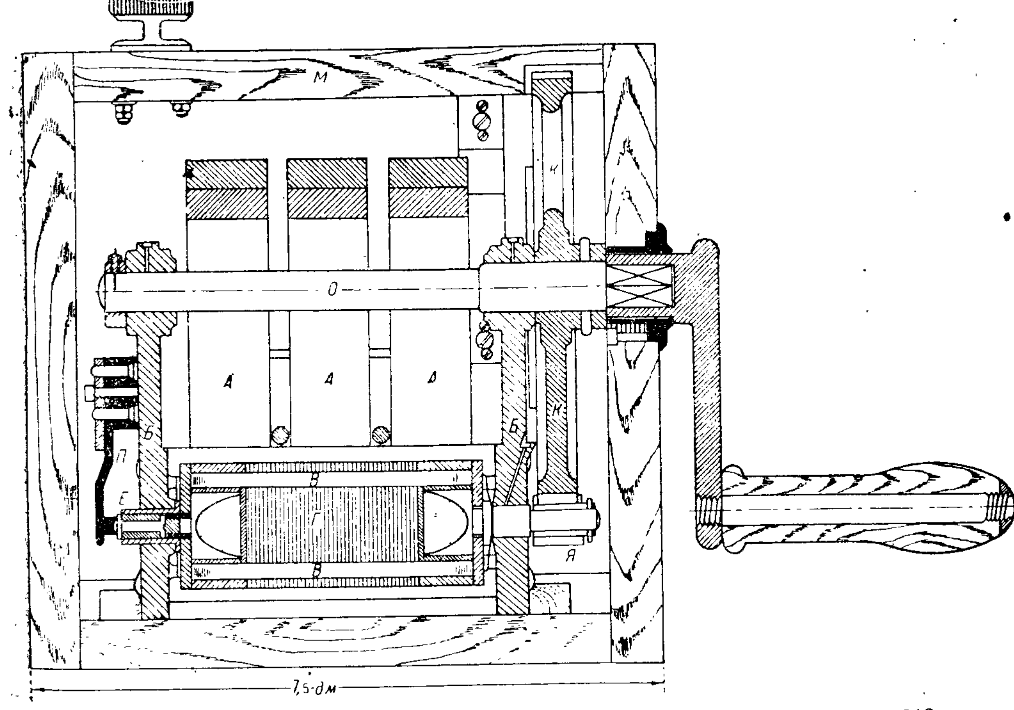
Фиг. 82. Схема выключателя (фирмы Сименс-Шуккерт).



Фиг. 83. Штепсель для паления с блокировочным приспособлением в собранном и готовом для паления виде.

штепсельной розеткой. Выпал производится нажатием введенного в выключатель специального ключа. Вес выключателя 1,3 *кг*. Применением этого выключателя достигается большая степень безопасности взрывных робот. Схема его изображена на фиг. 82. При незначительном весе (1,3 *кг*) он дает возможность быстрого использования электрического тока от магистрали для электропаления. Такой же выключатель, но более тяжелый по весу и более прочный, изображен на фиг. 83.

При параллельном соединении запалов большой ампераж осветительной сети очень удобен, но при последовательном соединении он может производить столь быстрое расплавление мостиков, что иногда запал не успевает достаточно нагреться и не воспламеняется. В таких случаях можно рекомендовать устраивать трансформатор применительно к условиям подрывной машинки, т. е. силой тока в 0,7 A и напряжением в 42 V. При пользовании подобным трансформатором всегда будет происходить нормальное взрывание.



Фиг. 84. Подрывная машинка Военно-инженерного ведомства образца 1913 г.

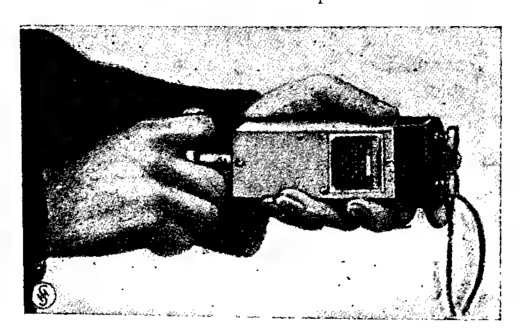
Магнитно-электрические машинки. Магнитно-электрические машинки основаны на принципе вращения замкнутого проводника в магнитном поле стальных магнитов.

Как на характерный тип магнитно-электрических машинок укажем на подрывную машинку Военно-инженерного ведомства образца 1913 г. (фиг. 84).

Устройство ее заключается в следующем: между полюсными наконечниками трех двойных стальных магнитов A—A вращается на осп

якорь $Г$ с намоткой большого количества тонкой проволоки. Один конец обмотки присоединен к изолированной эбонитом оси якоря, и при помощи пружины $П$ ток уходит с якоря к одному из зажимных винтов $З$. Другой конец обмотки присоединен к корпусу якоря. Для возбуждения тока внутри машинки необходимо произвести быстрое вращательное движение рукояткой. При четырех оборотах рукоятки в секунду скорость вращения якоря достигает 40 об/сек. Для посылки тока во внешнюю цепь необходимо после вращения рукоятки в течение нескольких секунд нажать помещающуюся сбоку кнопку $Н$, не прекращая вращения рукоятки, и тогда при помощи контактной пружины $М$ ток посылается во внешнюю цепь.

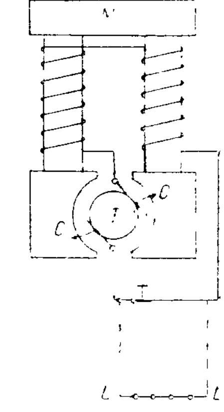
Машинкой можно взрывать как запалы большого сопротивления, так и запалы накаливания. Запалы высокого напряжения должны включаться параллельно, а запалы накаливания—последовательно. Общее число запалов, могущих быть взорванными одновременно, доходит до 20. Машинка даст отказ при запалах большого сопротивления, если сопротивление группы запалов, считая с проводниками, будет меньше 250—400 Ω и при запалах накаливания — свыше 60 Ω. Вес машинки 8 *кг*. Для подрывания 1—2 шпуров можно применять изображенную на фиг. 85 магнитно-электрическую машинку.



Фиг. 85. Магнито-электрическая машинка для двух шпуров.

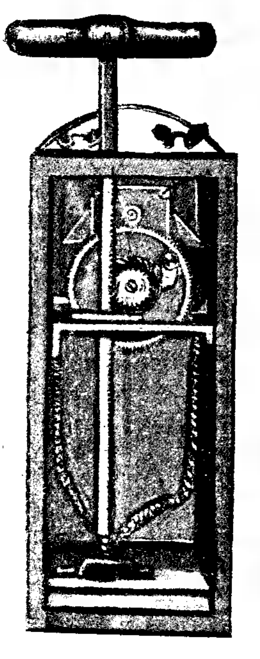
Динамо-электрические машинки. Динамо-электрические машинки являются наиболее распространенными при применении взрывчатых веществ благодаря значительно меньшему объему и весу и большей прочности, нежели магнитно-электрические машинки.

Схема устройства такого рода машинки видна на фиг. 86. Между полосами электромагнита M вращается якорь двутаврового сечения с обмоткой. При вращении якоря в нем возбуждается переменный ток, выпрямляемый коллектором. Этот ток первоначально отводится только в электромагниты, увеличивая их силу, что в свою очередь повышает напряжение тока. Когда ток достигает своего максимума, его включают в наружную цепь. Для уничтожения искрения и для увеличения силы тока иногда параллельно включается еще конденсатор, разряжающий в момент включения наружной цепи. Такой тип машинки представлен на фиг. 87. Якорь приводится в движение системой зубчатых колес, в свою очередь приводимых в движение зубчатой рейкой. Между шестерней, с которой соединена рейка, и большим зубчатым колесом

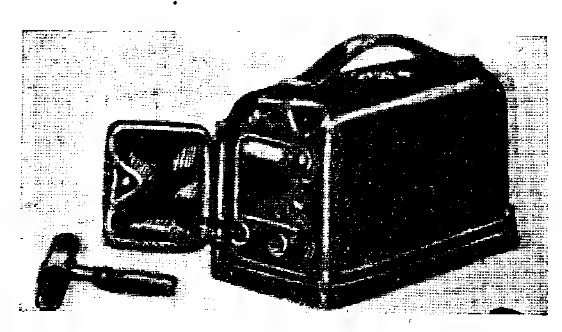


Фиг. 86. Схема устройства динамо-электрической машинки.

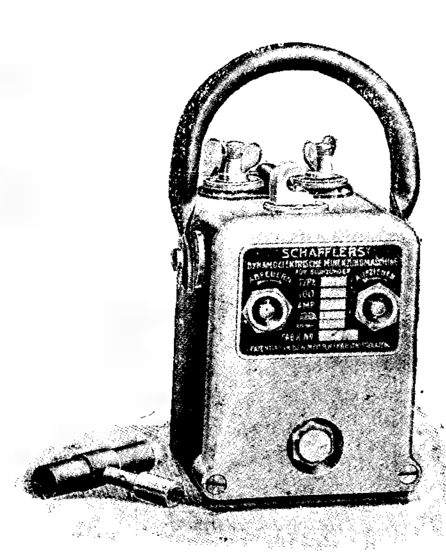
помещается храповик, позволяющий вытянуть рейку вверх, не приводя во вращение систему колес. Если рейку с силой вдавить вниз, то все части придут в сцепление и заставят быстро вращаться якорь и этим возбуждать магниты. Когда рейка дойдет до своего нижнего положения, нижний конец ее упрется в упругую пружину и отклонит ее книзу, вызывая этим разрыв внутренней цепи. Весь ток тогда устремится в наружную цепь и взорвет запалы. Машинки такого типа конструируются для взрывания 10—20 и даже 60 запалов.



Фиг. 87. Динамо-электрическая машинка, приводимая в движение рейкой.



Фиг. 88. Динамо-электрическая машинк Сименс-Гальске.

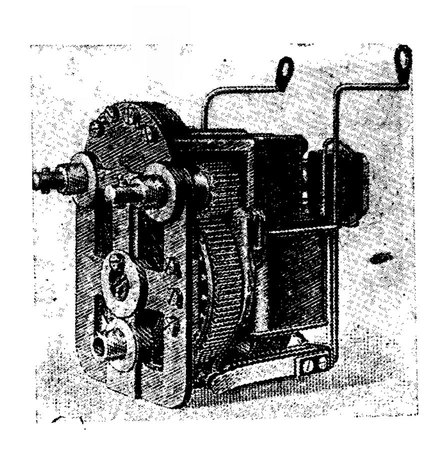


Фиг. 89. Машинка фирмы Шафлера.

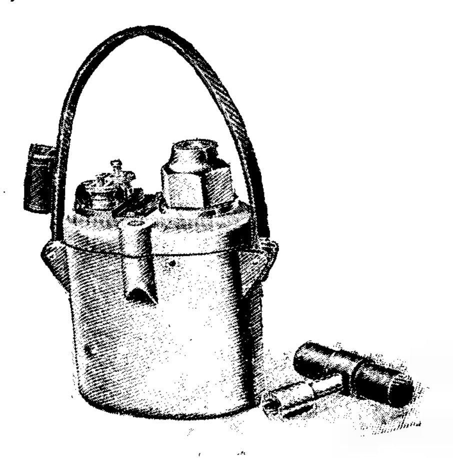
Вес 85,9 *кг*
Электрические данные:
1,5 A — 120 V
1,0 A — 180 V

Распространенными динамо-электрическими машинками являются машинки на 30 запалов фирмы Сименс и Гальске (фиг. 88). Вес машинки

5,5 *кг*. Источником энергии в ней служит маленькая динамо, помещенная в железном кожухе. Не менее распространенными также являются машинки Шафлера (фиг. 89, 90, 91).



Фиг. 90. Машинка фирмы Шафлера.



Фиг. 91. Машинка фирмы Шафлера.



Фиг. 92. Динамо-электрическая машинка Дэви.

В шахтах, опасных по газу и пыли, допускается применение подрывной динамо-электрической машинки Дэви (фиг. 92), рассчитанной на подрывание одного шпура. Машинка заключена в прочный металлический кожух. Вращением рукоятки возбуждается ток, идущий по проводникам к запалу.

Аккумуляторы как источники электрического тока известны с давних пор и произошли от элемента Планте (1859 г.) путем различных технических усовершенствований. Систем аккумуляторов очень много; лучшими из них считаются у нас аккумуляторы Эдиссона, которые охотно применяются нашим горным персоналом в шахтах для взрывания запалов. Они дают токи большой силы и напряжения, превосходящие таковые же у элементов и измеряющиеся от 2 до 2,6 V.

Аккумуляторы, напряжение которых упало ниже 1,85 V, должны быть перезаряжены, так как при низком напряжении они для подрывания не годятся.

Аккумуляторы очень удобны и просты в обращении, но для взрыва одновременно большого количества зарядов их приходится соединять по нескольку, что и неудобно и тяжело по весу; поэтому ими пользуются лишь для взрывания небольшого количества запалов.

Электроизмерительные приборы. При ведении взрывных работ является необходимость в приборах, служащих для определения годности подрывных машинок, батарей или аккумуляторов, показывающих исправность цепей и сопротивление запалов, а иногда в приборах, распределяющих ток по нескольким цепям от одного источника электричества.

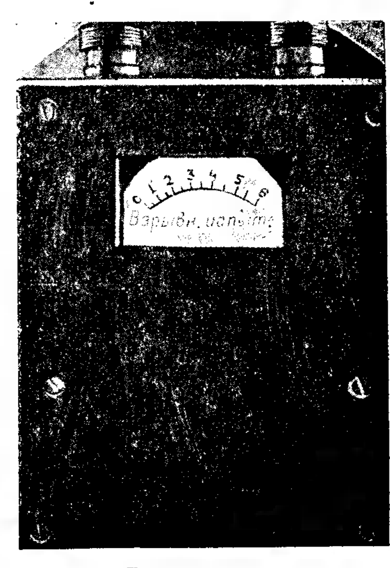
Рассмотрим главнейшие из этих приборов.

Гальваноскоп (фиг. 93) служит для испытания запалов и цепей на целость проводников. В чехле помещается сухой элемент, дающий очень слабый ток, не могущий взорвать запала. Последовательно с ним включен гальваноскоп, помещенный сверху. Первоначально перед сращиванием сети на гальваноскопе поверяется целость каждого отдельного запала. После сращивания сети поверяется целость всей сети. Отклонение стрелки показывает, что сеть цела и что ток проходит по всей сети. Однако нужно заметить, что отклонение стрелки гальваноскопа еще не служит гарантией исправности сети, так как короткое замыкание в магистрали все же покажет отклонение стрелки, а при взрывании ток от машинки не пойдет через запалы и получится отказ. Поэтому гальваноскопом рекомендуется поверять лишь целость каждого отдельного запала.





Фиг. 93. Гальваноскоп.

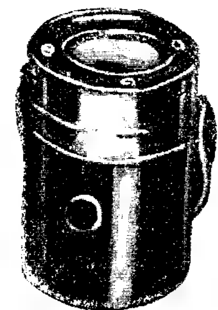


Фиг. 94. Взрывной испытатель.

Взрывной испытатель (фиг. 94) служит также для поверки целости мостиков и сети. Он заслуживает внимания как по своей портативности ($12 \times 9 \times 4$ *см*, вес 400 *г*), так и по своей дешевизне. Устройство его заключается в следующем: в деревянном ящике помещаются вольтмиллиамперметр и сухая батарейка карманного электрического фонаря напряжением 4 V. Они разделены между собой деревянной пере-

городкой, в которой сделан вырез для помещения проводников, идущих от батарей. Один из проводников (от минуса) идет к внешнему зажиму испытателя, а другой (от плюса) — к среднему зажиму вольтмиллиамперметра. Крайний зажим вольтмиллиамперметра также соединен с внешним зажимом испытателя. Для определения исправности испытателя достаточно накоротко замкнуть ножом или гвоздем внешние зажимы. Отклонение стрелки одновременно покажет исправность прибора и батареи. Если напряжение ниже 0,75 V, то батарею необходимо сменить. Поверка целости мостика производится путем присоединения концов электрозапала к зажимам испытателя. Отклонение стрелки указывает на исправность сети или запала.

Омметр (фиг. 95) служит для рассортировки электрозапалов по сопротивлениям обычно с разницей между ними не более 0,05 Ω для каждой группы, а также для отсортировки поврежденных. Этим же

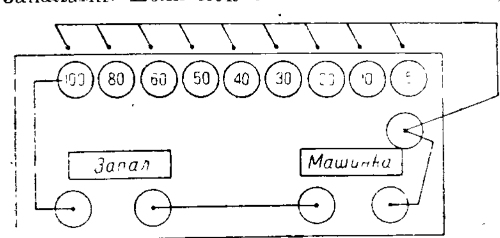


Фиг. 95. Омметр.



Фиг. 96. Рудничный амперметр.

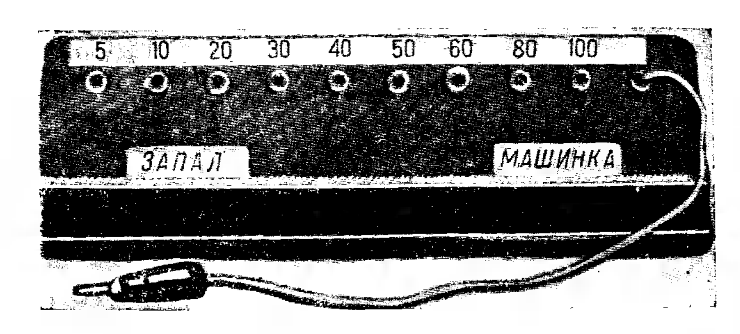
прибором поверяется и вся сеть перед палением. Допустим, что мы имеем магистраль с сопротивлением в оба конца в 10 Ω и 15 запалов накаливания, имеющих общее сопротивление в 15 Ω . Тогда при включении омметра в цепь прибор должен показать 25 Ω . Если он покажет меньше 10 Ω , значит есть короткое замыкание перед запалами. Если же показание омметра от 10 до 23 Ω , — то короткое замыкание между запалами. Если показание больше 25 Ω , значит плохо сделаны сростки.



Фиг. 97. Магазин сопротивления.

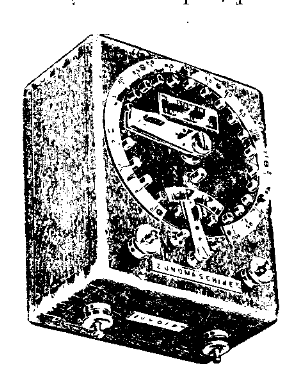
Рудничный амперметр (фиг. 96) служит для измерения силы тока гальваноскопа, омметра, а также источников тока.

Магазин сопротивления (фиг. 97—98) служит для поверки годности подрывных машинок и определения количества запалов взрываемых данной машинкой одновременно путем включения добавочного сопротивления от 5 до 100 Ω . Принцип действия магазина заключается в следующем: к клеммам магазина, где обозначено «машинка», присоединяется испытуемый источник тока (подрывная машинка) и затем включается добавочное сопротивление, равное сопротивлению, указанному в паспорте машинки. Затем в цепь включается один электрозапал к клеммам, обозначенным «запал», который при этих условиях должен взорваться. Если включенное сопротивление будет велико, в силу изношенности машинки, то постепенно включается меньшее сопротивление. Таким путем определяется максимальное количество запалов, которое безотказанно может подорвать данная машинка.

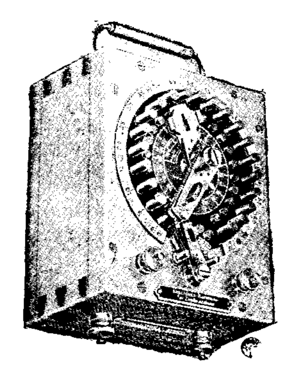


Фиг. 98. Схема магазина сопротивления.

На фиг. 99 и 100 помещены фотографии магазинов сопротивлений, выпускаемых фирмой Шафлер. Максимальное измеримое сопротивление при помощи этих приборов 300 Ω.



Фиг. 99. Магазин сопротивления фирмы Шафлер.



Фиг. 100. Магазин сопротивления фирмы Шафлер.

Проводники сети. Для подводки электрического тока от источников энергии к запалам применяют различные проводники.

В качестве проводящего металла чаще всего применяется красная медь как металл, обладающий наибольшей электропроводностью и достаточной гибкостью (удельное сопротивление 0,0175). При работе с запалами большого сопротивления, когда несколько лишних ом сопротивления проводника не имеют значения, можно пользоваться как более дешевыми железными проводниками (удельное сопротивление 0,1).

Ниже указаны сравнительные сопротивления проводов из разных металлов при общей длине проводника в 100 *м*, т. е. при удалении источника тока от запалов на 50 *м* (табл. 30).

Таблица 30

Диаметр проволоки (жилы), *мм*	Сопротивление проводника в 100 *м* длиной			
	медный	железный	оцинкованный	бронзовый
0,7	4	31,2	—	20,8
1,0	2	15,2	—	10,2
1,2	1,6	10,6	—	7,1
1,5	1,0	5,8	—	4,5
2,0	0,57	3,8	—	2,55
Кабель из 4 проволок в 1,5 *мм*	0,25	1,7	—	1,1

Для придания проводникам достаточной гибкости обычно пользуются тонкими проволочками, сплетая их в провод достаточной толщины. Такого рода сплетенный проводник называется кабелем. Проводники бывают открытые и изолированные. При всяких взрывных работах необходимо пользоваться только лишь изолированными проводниками, в газовых же шахтах открытые проводники вообще категорически запрещены.

Изолированные проводники бывают следующих типов: а) медная или железная проволока, обмотанная двумя слоями бумажной ткани, пропитанной парафином; б) медная проволока, покрытая резиновой изоляцией и обмотанная просмоленной бумажной тканью; в) кабель: несколько медных тонких проволочек, скрученных в жгут, покрытых резиной, затем двойной, бумажной обмоткой, поверх которых находится еще третья пропитанная обмотка.

Для запалов большого сопротивления употребляется еще так называемый саперный проводник, жила которого скручена из семи медных луженых проволок, каждая диаметром в 0,5 *мм*. Изолировка толщиной в 1,5 *мм* состоит из трех слоев резины. Поверх резиновой изоляции идет холщевая лента, а поверх нее оплетка из пропитанных озокеритом с дегтем крученых льняных ниток. Сопротивление 1 *км* такого проводника не более 14 Ω.

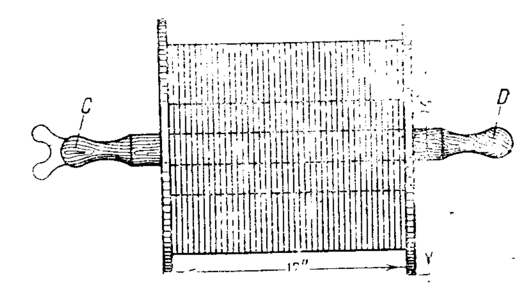
Проводники, соединяющие запал с источником тока, можно разделить на три категории: 1) проводники, неразрывно связанные с запалом, или запальные; 2) проводники, соединяющие запалы между собою, — соединительные или концевые; 3) проводники, соединяющие запал с источником тока, или магистральные. Соединение всех этих категорий проводников в одну систему носит название сети.

Запальные проводники обычно делаются из звонкового провода сечением в 0,5 или 0,8 *мм*. Длина каждого из них 1,25—1,5 *м*. Для мокрых работ запальные проводники делаются из провода в 0,8 *мм* с гуттаперчевой и бумажной пропитанной изоляцией (гупперовский провод). Здесь мы вновь напоминаем, что при влажных работах обязательно нужно пользоваться гупперовским изолированным проводом, так как звонковый провод с пропарафиненной бумажной обмоткой весьма легко пропускает влагу, производя тем самым замыкание сети или утечку тока.

Концевые провода, или соединительные, служат для соединения запальных проводов между собой или для наращивания запальных проводников в том случае, если они коротки. Для этой цели употребляется обычно медная проволока сечением не свыше 1,55 *мм* и изолированная гуттаперчей, вулканизированной резиной или пропитанной изолирующим составом хлопчатобумажной тканью.

Магистральные провода. Сопротивление магистральных проводов должно быть обязательно меньше сопротивления группы одновременно взрываемых запалов, чтобы как можно меньше энергии расходовалось в проводниках. Обычно требуется, чтобы сопротивление магистрали не превышало 10 Ω. Для магистральных проводов необходимо употреблять проводники диаметром не ниже концевых проводников с прочной водонепроницаемой изоляцией, чтобы не допустить влияния влажности или отклонения тока в сторону. Во избежание повреждений магистраль должна быть всегда достаточно удалена от места взрыва; для подводки до безопасного расстояния служат концевые провода. Ввиду того что магистральные провода после употребления в дело могут спутаться, для удобства прокладки их перед взрывом и уборки после взрыва выгодно пользоваться особыми катушками, после намотки на которые провод можно убрать в помещение.

Катушка для магистрального провода (фиг. 101) состоит из двух металлических щек с деревянным вальком, через который проходит железная ось с деревянными ручками, из коих одна снимается. Диаметр валька катушки 0,1 *м*, размеры катушки 150×175 *мм*. На такую катушку наматывается 400 *м* проводника; обороты проводника должны лежать ровно и плотно друг к другу.

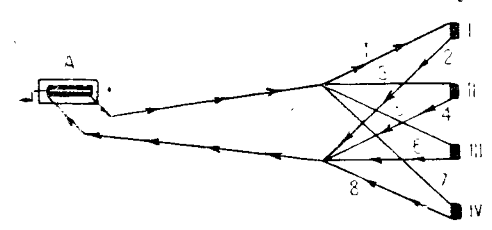


Фиг. 101. Катушка для проводника.

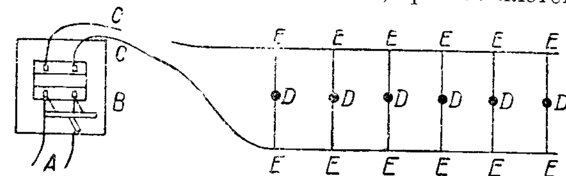
Способы соединения. После поверки электродетонаторов и заряжания шпуров производится соединение сети. При соединении группы электродетонаторов в общую цепь для одновременного взрывания необходимо исходить из свойств запалов и особенностей источника тока. Вся система проводников, соединяющих источник тока с зарядом, образует так называемую сеть, которая составляется различным образом и в зависимости от сочетания концевых и магистральных проводников, а также источника тока разделяется на соединения: 1) в переплет, 2) в параллель и 3) в цепь, или последовательное.

Соединение в переплет. Этот способ соединения представлен на фиг. 102. От каждого заряда *1*, *3*, *5* и *7* берут по одному концевому проводнику и сращивают их вместе, затем сращивают также вместе и другие концы *2*, *4*, *6* и *8*. Образовавшиеся таким образом два пучка концевых проводников *г* и *д* соединяют с магистральными *а* и *б*. Электрический ток от какого-либо источника тока проходит по магистрали *а* до сростка *г*, здесь он расходится по нескольким ветвям концевых проводов (*1*, *3*, *5*, *7*) и проходит через заряды *I*, *II*,

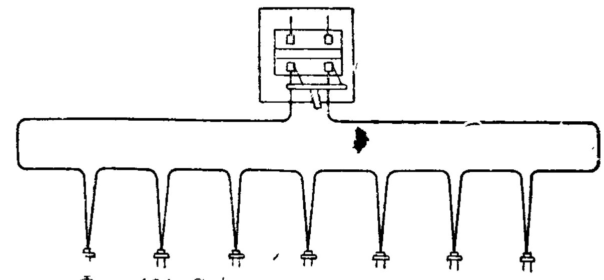
III и *IV*. В каждом заряде воспламеняет запал, собирается по другим концевым ветвям (*2*, *4*, *6* и *8*) в сросток *д*, откуда по магистральному проводу *б* возвращается к источнику тока. Таким образом в пучках *г* и *д* ток разветвляется и в каждый запал поступает четвертая его часть. Для успеха взрыва приходится брать более сильные источники электричества, чем это требуется для каждого запала в отдельности. К этому способу соединения запалов прибегают тогда, когда шпуры расположены близко друг к другу.


Фиг. 102. Соединение в переплет.

Соединение в параллель (фиг. 103). Параллельно к линии зарядов протягивают два продольных проводника. К одному из них приращивают в различных местах все правые, а к другому все левые концы проводников, идущие от зарядов. Концы же продольных проводников соединяют с магистральными *с*, идущими к источнику тока. Ток, входя в концевые проводники сети, разветвляется; в каждый


Фиг. 103. Соединение в параллель.

запал поступает часть тока, и таким образом приходится брать более сильные источники тока, нежели при соединении в переплет. В ближайший от источника запал отделяется ток большей силы, нежели в другие запалы, более отдаленные. При этом способе соединения может случиться, что один из запалов одинаковой чувствительности, ближе расположенный к источнику, взорвет раньше и тем задержит взрыв


Фиг. 104. Соединение последовательное.

остальных. К соединению в параллель прибегают тогда, когда шпуры отстоят далеко друг от друга, применяя ток более высокого напряжения (электрическая сеть).

Соединение последовательное, как видно из фиг. 104, состоит в том, что концы смежных зарядов сращиваются друг с дру-

гом, а затем оставшиеся свободными два конца двух крайних зарядов сращиваются с магистральными проводниками *а* и *б*, идущими к источнику тока. Этот способ соединения зарядов удобно применить в случае разбросанности их и значительного удаления друг от друга, так как соединение в цепь требует меньшей затраты проводников по длине, чем при других способах.

Зависимость силы тока от способа соединения запалов и от внешнего сопротивления сети выражается в следующем виде: при малом внешнем сопротивлении (запалы накаливания) и большом внутреннем сопротивлении соединение нужно делать только последовательное. При наличии группы запалов, имеющих большое внешнее сопротивление в общей своей сумме по отношению к внутреннему сопротивлению, соединение должно быть только параллельное и наконец при приблизительно равных внешнем и внутреннем сопротивлении соединение нужно делать групповое.

Напряжение в цепи выражается формулой $E = IR$. Если предположим $I = 3$ A, а $R = 60\ \Omega$, то $E = 3 \times 60 = 180$ V.

Сопротивление цепи находят по формуле:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{180}{2} = 90\ \Omega$$

Сила тока в цепи по закону Ома выражается следующей формулой:

$$I = \frac{E}{r + R}$$

где E — разность потенциалов, R — сопротивление запалов и проводов (внешней цепи) и r — сопротивление источника тока (внутреннее):

$$I = \frac{E}{R} = \frac{180}{60} = 3\ \text{A}$$

При последовательном соединении эта формула примет следующий вид:

$$I = \frac{E}{nR + r}$$

где n — количество электродетонаторов. В данном случае сила тока, исходящая из источника, проходит через все запалы одинаково, преодолевая суммарное сопротивление всех запалов.

При параллельном соединении сила тока разделяется пропорционально количеству электродетонаторов, сопротивление же уменьшается в такой же пропорции, и формула выразится в следующем виде:

$$I = \frac{E}{\frac{R}{n} + r}$$

При групповом соединении сила тока и сопротивление уменьшаются пропорционально количеству групп, но в отдельные запалы каждой груп-

пы поступает ток одинаковой силы, и формула представляется в следующем виде:

$$I = \frac{E}{\frac{nR}{m} + r}$$

где m — количество групп.

Для определения при подсчетах потребной силы тока нужно иметь в виду, что для накаливания мостика электродетонатора до способности воспламеняемости смеси принимается в расчет потребная сила тока в 0,45 А. Обычно, принимая во внимание соединительные сростки, возможность утечки тока и прочие потери, берут при расчете 1 А. Максимальная же сила тока, допустимая при электропалении на каждый электродетонатор, равна 4 А. При токах большей силы мостики перегорят раньше, чем воспламенится зажигательная смесь.

При расчете силы тока также необходимо знать сопротивление применяемых проводов. Сопротивление медных проводов сечения от 0,75 до 20 $мм^2$ видно из следующей таблицы:

Таблица 31

Сечение медного провода $мм^2$	Сопротивление в омах на 1 000 $м$	Сечение медных проволок, $мм^2$	Сопротивление в омах на 1 000 $м$
0,75	23,15	5,0	3,401
1,0	17,00	6,0	2,834
1,5	11,34	7,0	2,429
2,0	8,05	10,0	1,701
2,5	6.803	12,5	1,360
3,0	5,669	16,0	1,063
4,0	4,252	20,0	0,851

Для расчета силы тока при палении от осветительной сети можно пользоваться следующей формулой, отбросив внутреннее сопротивление, которое в данном случае весьма незначительно:

$$I = \frac{E}{nR + K}$$

где K — сопротивление проводников.

Приведем следующие примеры: от осветительной сети напряжением в 120 V нужно взорвать возможно большее количество последовательно соединенных электродетонаторов. От источника тока проложена магистраль длиной 500 $м$ одинарного провода сечением 2 $мм^2$ и для сращивания электродетонаторов друг с другом взято 100 $м$ концевых проводов сечением в 1 $мм^2$.

Вначале высчитываем сопротивление проводов в омах.

$$\frac{500 \cdot 8,505}{1000} + \frac{100 \cdot 17}{1000} = 5,95 \text{ (округляем до 6,0 } \Omega)$$

Сопротивление одного электродетонатора принимаем в среднем в 2 Ω.

Мы знаем, что для взрыва одного электродетонатора нужно взять силу тока в 1 А, вследствие чего общую формулу можем изобразить в следующем виде:

$$1 = \frac{120}{n \cdot 2 + 6}$$

откуда

$$n = \frac{120 - 6}{2} = 57 \text{ штук}$$

Возьмем другой пример. Мы имеем 100 электродетонаторов сопротивлением каждый по 2 Ω и сопротивление магистральных и концевых проводов 6 Ω при напряжении сети 120 V.

Нужно определить, является ли при последовательном соединении сила тока достаточной при условии, что для подрыва каждого электродетонатора требуется 1 А.

Проверим по формуле:

$$I = \frac{E}{nR + K} = \frac{120}{100 \cdot 2 + 6} = \frac{120}{206} = \sim 0,6 \text{ A}$$

Отсюда видно, что такое количество электродетонаторов последовательно соединять нельзя, так как сила тока явно недостаточна, и нужно проверить, можно ли их соединить параллельно.

Применяя формулу $I = \frac{E}{\frac{R}{n} + K}$, получаем $\frac{120}{\frac{2}{100} + 6} = \sim 20$ А

Так как максимальная сила тока, допускаемая на 1 электродетонатор, равна 4 А, то применить параллельное соединение в данном случае нельзя и, исходя из полученных результатов, нужно применить групповое соединение.

Посмотрим, что нам даст поверка по формуле, если мы разделим указанное количество электродетонаторов на 5 групп по 20 штук:

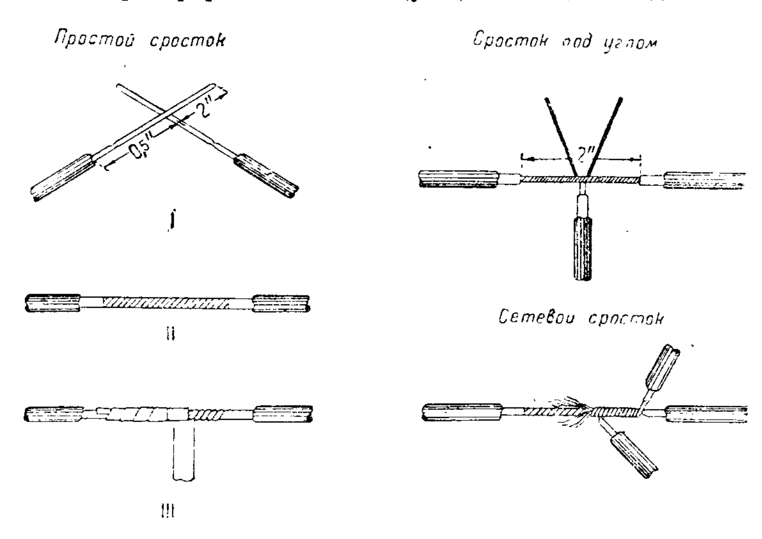
$$I = \frac{E}{\frac{nR}{m} + K} = \frac{120}{\frac{100 \cdot 2}{5} + 6} = 2,6 \text{ A}$$

Отсюда ясно, что в данном случае нужно применить именно групповое соединение.

Сращивание и изоляция. Для того чтобы соединить порванный проводник или сделать сеть для присоединения к проводникам зарядов, делаются сростки трех видов (фиг. 105): 1) простой сросток, 2) сросток под углом и 3) сетевой сросток.

Перед сращиванием необходимо очистить ножом проволоки жилы, чтобы они были блестящими. Скручивать надо как можно круче, большие концы отрезать, а короткие заправить под резиновую изолировку.

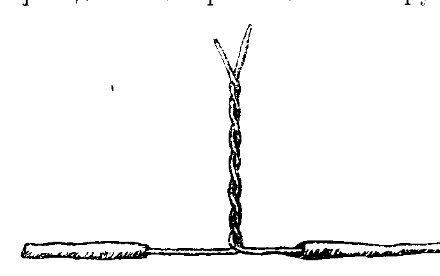
При сетевых сростках, сделав несколько оборотов проволоки, жилы разъединяют и укладывают вдоль той жилы, к которой приращивают концы, а наверх приращивается следующий конец и т. д.



Фиг. 105. Сращивание проводников.

I—проводники скрещиваются левый на правый: проводники перекручиваются: II—обертывается резиновой лентой; III—также поверх ленты обертывается прорезиненной лентой, закрывая и оплетку; IV—закручивается и обертывается так же, как и сросток; V—жила очищается от изолировки на такое протяжение, чтобы на каждый приращиваемый конец было $1\frac{1}{2}$ ∂.

Законченный сросток с изолировкой не должен быть намного толще самого проводника, чтобы не повредить тонких проволок запала. Приращивание их к проводникам делается таким образом, чтобы жила проводника оборачивалась вокруг кончиков запала как около оси, обороты проводника не должны доходить вплотную до изолировки запала, чтобы на этом месте было больше гибкости. Оставшиеся свободными концы запала проводника загибаются навстречу друг другу.



Фиг. 106. Упрощенный сросток для токов низкого напряжения.

При применении тока низкого напряжения можно упростить сростки, а провода скручивать так, как показано на фиг. 106. Однако такой сросток трудно изолировать.

На фиг. 107 указан неправильный сросток, употреблять его не следует, так как он большей частью ведет к отказам.

Сделанные сростки рекомендуется спаивать, особенно если они в будущем не подлежат разбору, причем спаянный сросток необходимо как можно тщательнее изолировать. Изолировочным материалом служит лента из натуральной резины, прорезиненная лента, резиновый раствор и резиновые трубки.

Проводники с резиной изолируются накладыванием сначала слоя натуральной резины, причем лента должна ложиться с некоторым натяжением, чтобы каждый последующий оборот захватывал предыдущий оборот ее.

Поверх положенной резины два раза в обратных направлениях навивают прорезиненную ленту.

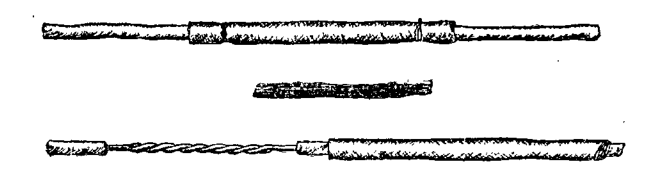
Получается очень хорошая изоляция для сростка по длине, если на один из сращиваемых проводов надеть предварительно резиновую трубочку, а затем по изготовлении сростка и после легкой изоляции



Фиг. 107. Неправильный сросток.

его резиновой лентой надвинуть на него трубочку и в двух местах крепко обвязать бечевкой (фиг. 108).

Проверка сети и паление. После того как сделаны и надлежащим образом изолированы все сростки, необходимо проверить соединения. Проверка эта заключается в том, чтобы внимательно проследить путь, по которому пойдет ток, направляясь от одного полюса источника через все ветви проводников и заряды к другому полюсу его. Если этот путь непрерывен и если току нет возможности уклониться в сто-



Фиг. 108. Изолирование сростка резиновой трубочкой.

рону от зарядов, то при условии исправности самого источника и запалов ожидаемый успех взрыва зарядов обеспечен. В противном случае следует искать ошибку, кроющуюся в неправильном соединении проводников, в неисправностях сети и пр. Если при внешнем осмотре никаких ненормальностей не обнаружено, то до присоединения концов магистрали к источнику тока следует присоединить их к зажимам взрывного испытателя, гальванометра или омметра. Если прибор покажет неисправность, то необходимо вновь проверить правильность всех соединений и изоляций. Очень часто бывает, что испытательными приборами обнаруживается незамеченное при первом осмотре небольшое оголение провода, недостаточно тщательная изоляция, нечаянное касание оголенным местом провода земли или металлического предмета.

Проверку целости сети и доброкачественности изоляции необходимо производить только лишь после удаления всех людей на безопасное расстояние или под прикрытие.

После проверки всей сети и удаления всех людей на достаточно безопасное расстояние от места взрыва следует присоединить концы магистралей к источнику тока и, еще раз убедившись в удалении людей на безопасное расстояние, пустить ток в сеть.

Паление должен производить запальщик, не имеющий права передавать кому бы то ни было рукоятку палильной машины, ключ от палильной батареи или от футляра палильного выключателя и допускать кого бы то ни было к последним.

Количество взрываемых шпуров не ограничено.

Преимущества электрического паления. 1. Несчастные случаи при электрическом палении чрезвычайно редки и почти отсутствуют.

2. Можно одновременно взрывать произвольное количество шпуров, исключая конечно случаи, когда это не позволяет делать чрезмерное газовыделение в забое. Одновременное взрывание увеличивает добычу, так как взрывная волна одного заряда, ослабевая на некотором расстоянии от шпура, производит только бесполезное сотрясение, а слабые волны двух и более зарядов суммируются и производят разрушение.

3. Взрыв можно производить в любой момент и на значительном расстоянии от забоя, что очень важно в интересах безопасности.

4. Воспламенение запалов внутри шпура значительно гарантирует безопасность в отношении взрыва рудничных газов.

5. Количество осечек уменьшается и доводится до минимума, в особенности благодаря возможности проверки целости как каждого отдельного электродетонатора перед заряжанием, так и всей сети перед палением.

6. В случае осечки приближение к забою совершенно безопасно, и поэтому нет надобности терять значительное время на ожидание, как при работах с бикфордовым шнуром.

7. При электрическом палении является полная уверенность в том, что все шпуры взорвутся одновременно, производя тем самым максимум полезной работы, и наоборот, в случае необходимости путем применения электрозамедлителей шпуры можно взрывать разновременно, соблюдая желаемые промежутки во времени.

8. Сгорание электрических запалов не сопровождается выделением искр, дыма и вредных газов, что наблюдается при горении бикфордова шнура, оболочка и пороховая сердцевина которого при горении выделяют значительное количество искр, дыма и вредных газов.

Меры безопасности при электропалении. При электрическом палении шпуров в подземных работах земля (бока, почва и кровля выработок) не должна использоваться в качестве обратного провода. Должны быть приняты меры, предохраняющие провода паления от случайного заземления во избежание их порчи или соприкосновения с другими электрическими проводами.

Провода, идущие к зарядам, взрываемым порознь, не должны приходить в соприкосновение друг с другом, чтобы при палении одного заряда не взорвать соседние.

Электрозапалы и электродетонаторы перед изготовлением запального патрона должны предварительно испытываться на годность омметром или гальваноскопом. Для испытания электродетонаторов присоединяются концевые провода длиной не менее 10 *м*.

При одновременном палении большого количества шпуров электродетонаторы (электрозапалы) должны подбираться так, чтобы разница между омическим сопротивлением их не превышала 0,05 Ω.

Все проводящие ток металлические предметы (части) оборудования в забоях подземных выработок должны быть заземлены во избежание движения блуждающих токов.

Отпалка шпуров электричеством при открытых работах воспрещается в случае приближения и во время грозы.

При электрическом палении после отпалки разрешается подходить к шпуру не ранее чем через 3 минуты после взрыва.

ТЕХНИКА ПОДГОТОВКИ КО ВЗРЫВУ ШПУРОВ И ИХ ВЗРЫВАНИЕ

Заряжание шпуров

После тщательного очищения шпура от буровой муки, прежде чем приступить к заряжанию, принимают следующие меры предосторожности:

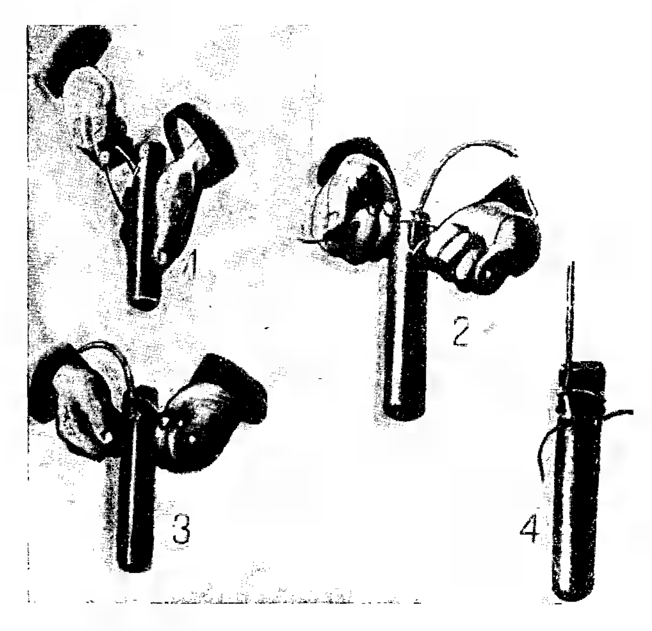
1. При выбуривании шпура по углю его необходимо очистить от пыли. Последнее делается либо промыванием водой, либо обтиранием его мокрой тряпкой, что производится с помощью рукоятки, ложечки-чищалки. При просачивании в шпур воды из пород, в то время как паление производится веществами, боящимися воды, необходимо применять меры к устранению ее притока.

2. Взрывчатое вещество поместить в водонепроницаемую оболочку. Устранение притока воды делается путем затирания стенок шпура пластической глиной. Практически это выполняется следующим образом: в шпур забрасываются шарики из глины, смоченной в достаточной мере водой, затем в нее забивается так называемый затиральник, который размазывает глину по стенкам шпура. Затиральник представляет собой железный круглый стержень диаметром менее диаметра шпура, длиной несколько больше глубины шпура. Ту же самую операцию затирания стенок шпура нужно производить в том случае, когда при прохождении шпуров встречается какая-либо обваливающаяся порода, могущая при затирании шпура давать обвалы, благодаря чему между патронами взрывчатого вещества будут создаваться отдельные перегородки, что может послужить причиной неполного взрыва. Кроме этого перед заряжанием шпура необходимо убедиться в выделении из него неопасного количества горючих газов и что содержание последних у забоя не превосходит допущенного законом предела 1,5%.

Приступая к заряжанию, прежде всего необходимо определить величину заряда, т. е. того количества взрывчатого вещества, которое помещается в шпур. Эта величина зависит и изменяется от глубины шпура, силы взрывчатого вещества, свойства пород, степени их обнаженности, кливажа, трещиноватости, мощности пласта и других причин. Перед посылкой патронов в шпур изготовляют так называемый боевой патрон (боевик). Боевой патрон представляет собой обычный патрон взрывчатого вещества с вставленным в него либо капсюлем-детонатором с бикфордовым шнуром, либо электродетонатором. Для приготовления боевого патрона в нем деревянной палочкой диаметром, равным диаметру капсюля-детонатора, делается отверстие, в которое вводится капсюль-детонатор с бикфордовым шнуром либо электродетонатор на глубину $^2/_3$ своей длины; во избежание преждевременного взрыва — воспламенения взрывчатого вещества от горения шпура — бикфордов шнур ни в коем случае не должен касаться взрывчатого вещества патрона.

На фиг. 109 и 110 лучше всего иллюстрированы приемы изготовления боевиков как для огневого, так и электрического взрывания. Особого пояснения к указанной иллюстрации совершенно не требуется, так как последовательность операций их изготовления обозначена цифрами на рисунках.

В шпур досылаются по одному патрону, которые доводятся до дна шпура так называемым забойником. Забойник представляет собой деревянный суживающийся кверху стержень, длиной больше глубины шпура и диаметром меньше диаметра шпура. При заряжании горизонтальных шпуров сразу несколько патронов посылать в них не следует, так как они могут не дойти до дна шпура, будучи задержаны возможными неровностями поверхности их стенок. В случае заряжания восстающих и наклонных вверх шпуров (в гезенках) заряд нужно помещать в шпур

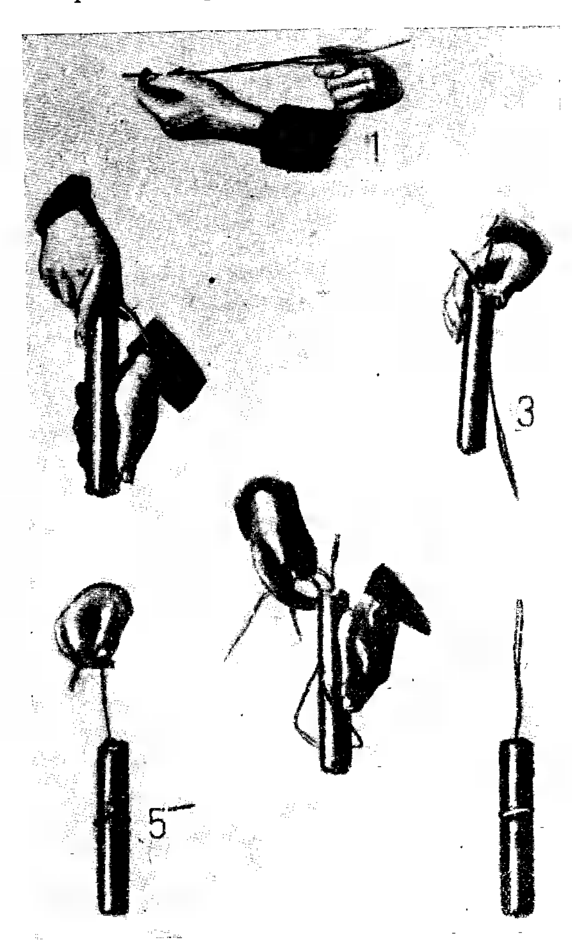


Фиг. 109. Изготовление боевика для огневого взрывания.

сразу весь. Для этого либо заворачивают патроны в бумажный или картонный чехол (что недопустимо в газовой и пыльной шахте), либо привязывают патроны к пруту, либо соединяют патроны торцами путем тонких деревянных лучинок. Раздавливать в шпуре пластические взрывчатые вещества ни в коем случае нельзя, так как это может привести к взрыву.

Порошкообразные взрывчатые вещества также переуплотнять в шпуре не рекомендуется, ибо преувеличение плотности дальше предела повлечет за собой, как мы уже раньше видели, отказы, а в лучшем случае — неполные взрывы. Боевой патрон в неглубоких шпурах располагается обычно поверх заряда, причем его следует вводить весьма осторожно, лишь доводя до заряда, но не прижимая к последнему. При заряжании же глубоких шпуров боевой патрон нужно располагать

посредине заряда. В этом случае взрывание должно быть электрическое или с бикфордовым шнуром с нетлеющей изоляцией. Оболочка патронов с торцевой стороны пластических взрывчатых веществ, как и при обычном способе заряжания, удаляется, в связи с чем должно быть обеспечено тесное соприкосновение патронов взрывчатого вещества между собой. Процесс заряжания производится следующим образом. Патроны



Фиг. 110. Изготовление боевика для электрического взрывания.

первой половины заряда опускаются в шпур последовательно один за другим и немного уплотняются (каждый в отдельности) посредством забойника. Затем осторожно вводится патрон-боевик. При этом необходимо следить, чтобы концы проводников электродетонатора или бикфордов шнур не задевали и не терлись сильно о стенки шпура. Боевик доводится до соприкосновения с зарядом, но не уплотняется. После этого один за другим вводятся патроны второй половины заряда с не-

обходимыми предосторожностями, чтобы излишним нажимом не произвести преждевременного взрыва заряда. Первый патрон только досылается до патрона-боевика, а последующие лишь слегка уплотняются. При заряжании шпуров порошкообразными взрывчатыми веществами последние необходимо тщательно разминать руками, доводя их до прежнего порошкообразного состояния. При заряжании гризутинами в шахтах, опасных по газу или пыли, с последних необходимо содрать верхнюю пропарафинированную бумажную оболочку.

Кроме указанного способа заряжания шпуров патронами вплритык существует способ заряжания с фальшивыми патронами, который в основе своей имеет следующее: попеременно между патронами взрывчатого вещества вкладываются фальшивые патроны из каменной соли или деревянные палочки диаметром менее диаметра патрона применяемого взрывчатого вещества. Указанный способ заряжания может быть рекомендован при применении взрывчатых веществ, чувствительных к детонации и детонационная способность которых под влиянием условия хранения не изменилась. При этом способе достигается экономия взрывчатого вещества, увеличение процента кусковатости добытого, так как газы, образующиеся при взрыве, в первый момент будут стремиться занять все свободное пространство шпура, тем самым ослабляя силу удара. При оксиликвитах способ заряжания шпуров с фальшивыми патронами является особенно выгодным в экономическом и техническом отношении благодаря большой способности этих взрывчатых веществ к передаче детонации от патрона к патрону в шпуре и вообще на расстоянии, особенно в закрытом пространстве.

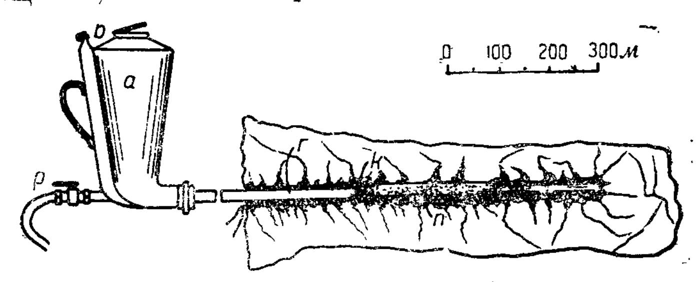
Забойка шпуров

Весьма важное значение как для безопасности производства взрывных работ, так и в отношении увеличения эффекта взрыва, а следовательно и удешевления расходов на взрывные работы является выбор рационального способа забойки шпуров. Конечная забойка в шпуре играет колоссальнейшее значение, ибо она в большей степени обусловливает эффект использования взрывчатого вещества, возможность образования пламени при взрыве и возможность выделения ядовитых газообразных продуктов взрыва. Одними из распространенных методов забойки, применяемых в горном деле, являются следующие: 1) глиняная забойка, 2) забойка из инертной пыли в бумажных патронах, 3) забойка пневматическая, 4) забойка водяная и 5) автоматическая забойка.

Разберем каждую забойку в отдельности.

Глиняная забойка является наиболее распространенной в Донбассе. Сущность ее заключается в следующем: размешивают глину с небольшим количеством воды до получения пластической массы, из которой делают колбаски диаметром немного менее диаметра шпура. Глубина забойки должна быть не менее $^1/_3$ шпура, причем у устья она должна забиваться забойником. Вследствие большого внутреннего сцепления частиц глины между собой и незначительного сцепления частиц глины со стенками шпура не обеспечивается достаточная прочность глиняной забойки, так как при образующемся при взрыве давлении в шпуре в несколько тысяч атмосфер волны деформации распространяются в пластичной глине со скоростью несколько тысяч метров в секунду и тем самым выбрасывают ее из шпура. Это обстоятельство конечно является одним из отрицательных моментов этого вида забойки. В газовых или пыльных шахтах одна глиняная забойка воспрещена правилами безопасности.

Забойка из инертной пыли (по способу Крускопфа) заключается в том, что сланцевая пыль помещается в бумажную гильзу диаметром немного менее диаметра шпура, на 3—5 *мм*. Эта забойка вводится до самого боевика от устья шпура. Образующаяся в первый момент сила взрыва проявляется не раздроблением стенок шпура, а сжиманием бумажной гильзы с инертной пылью. Частицы пыли в гильзе вблизи заряда вследствие давления газов взрыва приобретают быстрое движение и сильно сжимаются по направлению к выходу шпура. Благодаря этому бумажная гильза раскрывается и образуется тормозящее действие частиц пыли со стенками шпура, в связи с чем получается как бы пробка, противодействующая давлению газов. Газы взрыва вследствие этого получают удлиненную камеру действия, а заряд взрывчатого вещества используется полнее, чем при крепкой забойке. Преимущества этого способа забойки, по данным рКускопфа, заключаются в следующем: 1) в экономии взрывчатого вещества на 30%, 2) в увеличении кусковатости на 40%, и 3) в уменьшении количества несчастных случаев по сравнению с плотной забойкой глины, происходящих обычно: а) при сильных ударах забойщика, б) попытках неправильной ликвидации отказавших шпуров (извлечения патронов и выковыривания забойки).



Фиг. 111. Пневматическая забойка.

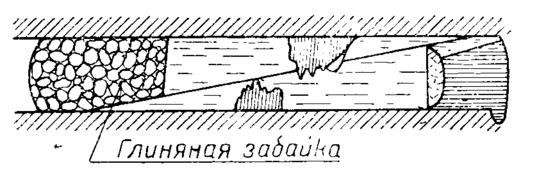
К недостаткам этого вида забойки следует отнести: 1) бумажные гильзы, служащие для набивки сланцевой пыли, поглощают влажность, вследствие чего они в большинстве случаев в сырых забоях во время введения в шпур разрываются, что усложняет забойку, а подчас делает ее совсем невозможной; 2) вследствие незначительности трения между гладкой поверхностью бумажной гильзы и столь же гладкой поверхностью стенок шпура у выхода его не достигается надежная ее крепость. В связи с этим забойку необходимо чем-либо закреплять у устья шпура. В газовой или пыльной шахте применение забойки Крускопфа воспрещается.

Пневматическая забойка при помощи аппарата Хердериертена. Сущность этого способа заключается в том, что при помощи особого аппарата (фиг. 111) сжатым воздухом заполняется все сво-

бодное пространство шпура. При этом способе забойки частицы пыли вследствие давления сжатого воздуха сжимаются плотно друг с другом, устремляясь с силой ко дну шпура. Вследствие этого, а также вследствие значительного сцепления между частицами вдуваемой каменной пыли достигается очень тесное сцепление между забойкой и стенками шпура. Вдуваемая пыль заполняет при этом не только все свободное пространство его, но также заполняет все трещины шпура, зависящие от характера залегания пород. Преимущество этого способа заключается прежде всего в большой крепости забойки. К недостаткам же следует отнести невозможность применения во влажных забоях и возможность применения только при условии наличия воздушного хозяйства на руднике. Кроме указанных материалов вообще для забойки может служить молотый мел и сухой песок.

Забойка водяная ничего особенного по своей конструкции не представляет. Она заключается в том, что с помощью ручного водяного насоса в шпур вводится вода. Эта забойка главным образом применима при наклонных и направленных вниз вертикальных шпурах. Прочной данную забойку назвать нельзя, ибо при ее применении возможны холостые выпалы, кроме того ее основным недостатком является воздействие воды на взрывчатые вещества.

Автоматическая забойка представляет собой деревянную раздвижную пробку, помещенную в шпур, после наполнения его обыкновенной забойкой, на глубине около 22 *см* от устья. Как видно из прилагаемого чертежа (фиг. 112), и деревянная пробка разрезана по диагонали, причем в плоскостях разреза оставлены желобки, образующие при соединении обоих половинок пробки канал, через который пропускается бикфордов шнур. Обе половины пробки скрепляются бумажным кольцом. После того как пробка опущена в шпур, по ней слегка ударяют забойником, бумажная лента разрывается, и обе половинки пробки заклиниваются в шпуре благодаря наличию косого среза. При отпалке газы, развивающиеся при взрыве заряда, надавливают на головку нижнего клина, заставляют его перемещаться вверх по второму клину и плотно затыкать выходное отверстие шпура. Пробки изготовляются самых разнообразных размеров, в зависимости от диаметров шпуров.



Фиг. 112. Автоматическая забойка.

ОТКАЗЫ И ИХ ПРИЧИНЫ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВАНИИ

Согласно Правилам безопасности НКТ СССР взрывание шпуров производится после того, как шпуры заряжены и забиты забойками и после оповещения окружающих людей о предстоящем взрыве. В зависимости от того, будет ли это взрывание огневое или электрическое, необходимо принимать целый ряд мер предосторожностей, предостерегающих от возможных отказов при взрыве. Отказы при электропалении могут быть по следующим причинам.

Отказы по вине проводников

1. Короткое замыкание. Эту причину легко устранить постоянным внимательным отношением к состоянию и хранению проводов. Время от времени необходимо тщательно осматривать магистральный провод и аккуратно изолировать все сомнительные места. Если изоляция сделана небрежно при соединении проводов, также может произойти короткое замыкание при случайном контакте двух линий магистрали. Короткое замыкание весьма легко обнаружить с помощью омметра, зная сопротивление электродетонаторов, обозначаемое на каждой коробке, и сопротивление проводов, которое можно высчитать по приведенным нами ранее таблицам. Способ обнаружения короткого замыкания приведен выше в главе IV. Чтобы застраховать себя от быстрого изнашивания магистральных проводов, необходимо при переноске и сборке их обязательно пользоваться специальной катушкой.

2. Утечка тока. При плохой изоляции мест соединений, при соприкосновении этих мест с землей, водой или металлическими предметами всегда неизбежна утечка тока. Это обстоятельство еще раз указывает на необходимость серьезного отношения к изоляции поврежденных участков и мест соединений в проводниках.

3. Несоответствие применяемого сорта провода условиям работ. Нужно помнить, что при сырых или влажных условиях работы необходимо пользоваться только проводами с резиновой изоляцией, например гупперовским или ему подобным. Электродетонаторы в этих случаях должны применяться только с гупперовскими проводниками, иначе отказы неизбежны. Электродетонаторы с звонковым проводом можно применять только в совершенно сухих работах, где нет ни воды, ни сырости почвы или воздуха.

Неисправности источников тока

1. При взрывании от электрической сети необходимо наблюдение за состоянием включающих приспособлений. Для контроля за исправностью проводки обычно служит контрольная электрическая лампочка, включаемая в сеть до рубильника. Дальнейшую проверку исправности пути прохождения тока можно производить путем тщательного наружного осмотра, производя таковой не реже одного раза в декаду. Здесь необходимо еще раз указать, что при электрическом взрывании шпуров пользоваться током с напряжением выше 210—220 V категорически воспрещается во избежание отказов.

2. При работе с подрывными машинками нужно не реже одного раза в месяц проверять электрическую мощность и включать в одну цепь такое количество электродетонаторов, которое определено последним испытанием машинки на магазине сопротивления. Кроме того не реже двух раз в год машинки должны подвергаться тщательному внутреннему осмотру, и при малейшем сомнении в целости обмотки якоря или электромагнита последние необходимо перематывать, одновременно заменяя все неисправные внутренние части машинки исправными.

При пользовании подрывными машинками старых конструкций, не имеющих спусковых пружин, необходимо помнить, что вращать руко-

ятку машинки нужно сильным и резким движением, так как в противном случае возбуждаемый ток может быть недостаточен для взрыва всех электродетонаторов и может взорваться лишь часть их, все же остальные дадут отказы.

3. При работе с аккумуляторными батареями необходимо возможно чаще посредством специальных измерительных приборов проверять их мощность, так как с течением времени сила тока ослабевает. При значительном ослаблении силы тока необходимо заменять израсходованные батареи свежими.

Недоброкачественность электродетонаторов

1. Основным решающим моментом при работе с электродетонаторами является тщательная проверка целости мостика накаливания, так как при неисправном мостике нет проводимости тока, и поэтому взрыв ни в коем случае не произойдет. Для устранения возможности включения в цепь электродетонаторов с поломанными мостиками необходимо ввести как обязательное и ни в каких случаях ненарушимое правило проверку их на целость мостика посредством омметра или взрывного испытателя перед выдачей на руки запальщикам. Такая проверка является бесспорной гарантией успеха взрыва.

2. Другим также ответственным моментом является включение в одну цепь электродетонаторов с однородным сопротивлением и из одной коробки. Допустимая разница в сопротивлении при включении в одну общую цепь определяется для электродетонаторов с сопротивлением до 1—0,05 Ω и для электродетонаторов с сопротивлением свыше 1 и до 2—0,1 Ω. Включение в одну группу электродетонаторов с большой разницей в сопротивлении, нежели это допускается правилами, опять-таки неизбежно приведет к отказам, так как мостики с большим сопротивлением накалятся и взорвут запал раньше других и тем самым разомкнут цепь.

3. Кроме этих двух обязательных условий при работе с электродетонаторами необходимо при получении каждой новой партии производить проверку их качества.

Эта проверка на руднике производится тремя путями: 1) наружным осмотром, 2) подрывом группами и 3) подрыванием на свинцовых пластинках.

При наружном осмотре главным образом необходимо обращать внимание на отсутствие на гильзах электродетонаторов сквозных трещин и сквозных раковин, а также повреждений целости мастики.

Подрывание группами производится от любого достаточно сильного источника тока по 20 включенных последовательно электродетонаторов, причем магистраль должна быть отведена на безопасное расстояние (50—75 *м*). При этом испытании не должно быть более одного отказа на 80 штук.

Только после тщательного осмотра места взрыва запальщиком и установления безопасности входа в забой могут быть допущены рабочие для разборки.

При работе с электродетонаторами замедленного действия вход в забой абсолютно никому не разрешается раньше истечения 15 минут с момента последнего взрыва.

Отказы при огневом взрывании

1. Отказы при огневом взрывании могут быть главным образом по вине бокфордова шнура. В связи с этим бикфордов шнур перед употреблением должен быть подвергнут тщательному осмотру, и те места круга шнура, на которых имеются какие-либо внешние недостатки в виде переломов, смятия, нарушения целости внешней обмотки и т. п., должны быть вырезаны.

2. Каждая новая партия бикфордова шнура должна быть испытана на скорость горения, причем последняя не должна превышать 1 *см* в секунду.

3. Необходимо обращать внимание на присутствие контрольной нитки внутри пороховой сердцевины; в случае отсутствия таковой бикфордов шнур должен быть испытан на скорость горения.

4. Для работы во влажных местах необходимо применять шнуры асфальтированные, а в воде — гуттаперчевые.

5. Для удобства производства счета взрывам нужно, чтобы разница между двумя длинами двух соседних шпуров была не менее 5 *см*.

Ликвидация отказов

В случае оказавшегося недочета из шпура сначала осторожно извлекается ложечкой-чищалкой верхний плотный слой забойки (глина), после этого, если зарядом было порошкообразное взрывчатое вещество, струей воды под небольшим давлением вымывается остальная рыхлая часть забойки, а за ней и весь заряд. Затем шпур высушивается и заряжается вновь. Если же заряд состоял из пластического взрывчатого вещества в патронах, то после удаления из шпура всей забойки выдуванием сжатым воздухом кладут в шпур второй патрон-боевик и взрывают вновь. Второй боевой патрон нужно вводить весьма осторожно забойником до соприкосновения с отказавшим зарядом. Извлекать из отказавшего шпура боевой патрон, так же как и оставлять заряжание шпура невзорванным, нельзя. Точно так же нельзя производить дальнейшего углубления шпуровых стаканов. Если ни одним из указанных способов ликвидировать недочет не представляется возможным, то согласно правилам безопасности разрешается заложить параллельный шпур и взорвать, но с тем, чтобы после взрыва собрать все невзорвавшиеся патроны соседнего шпура. К разборке породы рабочие могут допускаться только после самого тщательного осмотра взрывной породы запальщиком, десятником или старшим рабочим.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ТЕОРИЯ ВЗРЫВА

ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА

При взрыве бывает термическое, химическое и механическое действие газов на окружающую заряд среду.

1. Термическое действие заключается в мгновенном повышении температуры той среды, где был заложен заряд взрывчатого вещества, или тех предметов, которые находятся в непосредственном соприкосновении с газами взрывчатого разложения. Взрыв протекает, как мы уже видели, с повышением температуры до 3000—4000°.

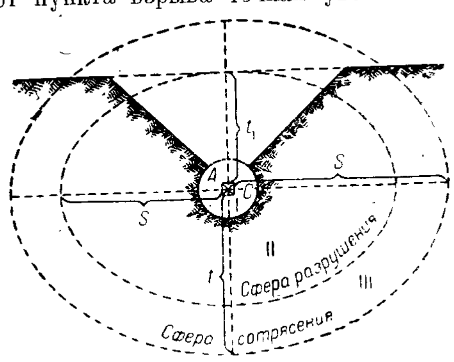
2. Химическое действие выражается в разложении взрывчатого вещества с образованием газообразных продуктов взрыва и их взаимодействии между собою. Характер конечных газообразных продуктов взрывчатого разложения играет существенную роль при подборе взрывчатых веществ, применяемых в подземных работах. В силу этого знание точного состава продуктов взрывчатого разложения является настоятельно необходимым.

3. Механическое действие газообразных продуктов взрыва вследствие высокой температуры и кратковременности разложения взрывчатого вещества выражается различно: у бризантных взрывчатых веществ действие ударное, у метательных — толкающее.

ДЕЙСТВИЕ ЗАКРЫТЫХ ЗАРЯДОВ

Действие заряда, помещенного в камере или шпуре, производимого газами, составляет только некоторую часть всей работы, так как часть пропадает от несовершенного сгорания взрывчатого вещества, другая же часть расходуется на нагревание и сотрясение среды, а часть тратится от потери большого количества газов, уходящих в трещины во взрываемой породе. Действие взрыва в различных точках напряжения от места расположения заряда различно. При взрыве различают три сферы действия (фиг. 113): *I* — сферу сжатия, *II* — сферу разрушения и *III* — сферу сотрясения. Сфера сжатия принимает первоначальный удар газов вследствие их высокого давления и до начала раздвигания массы породы будет раздроблять прилегающие к заряду частицы, прижимая их к соседним слоям и образуя в месте расположения его некоторую пустоту, называемую пространством взрыва, или сферой сжатия. Величина этого образовавшегося пространства будет пропорциональна

времени взрыва и давления газов и обратно пропорциональна сопротивлению взрываемой породы. Взрывные волны распространяются одинаково во все стороны концентрическими сферическими слоями, но по мере удаления от точки взрыва напряжения будут убывать. И вот там, где вызываемые взрывом напряжения превзойдут сопротивление породы, произойдет ее разрушение; это пространство называется сферой разрушения, так как в ней происходят сжатие, выбрасывание породы и образование трещин. И наконец дальнейшие слои — сотрясение породы. Ясно, что при увеличении заряда например вдвое (закон Гука) все напряжения в одинаково удаленных от пункта взрыва точках увеличатся вдвое и и т. д. В силу этого напряжение в какой-либо точке породы прямо пропорционально величине заряда, т. е. если взять породу вдвое крепче прежней, то для разрушения одного и того же объема потребуется в каждой точке вдвое больше напряжения, т. е. вдвое более сильный заряд. Итак следовательно в результате действия взрыва в среде получаются как бы сфероиды или эллипсоиды сжатия и разрушения. И когда один из эллипсоидов еще до окончания давления коснется поверхности среды, то естественно, что является стремление к выбрасыванию частиц породы с образованием над местом расположения заряда углубления, размеры и формы которого зависят от самого взрывчатого вещества, величины заряда, глубины его заложения, плотности среды и формы заряда.



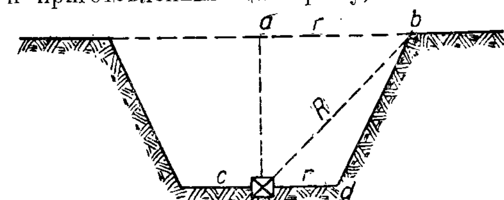
Фиг. 113. Сфера действия взрыва.

ЭЛЕМЕНТЫ ВЗРЫВА И ВОРОНКА ВЗРЫВА

1. Определенное количество взрывчатого вещества, предназначенное для производства взрыва, называется минным зарядом.

2. Минный заряд, уложенный в минную камеру для взрывания и приготовленный ко взрыву, называется горном.

3. Углубление — яма, образовавшаяся в результате взрыва,—называется минной воронкой, или просто воронкой взрыва. Для теоретических исследований воронку взрыва принимают за прямой усеченный конус с параллельными основаниями, из которых верхнее, большее, сливается с плоскостью обнажения, а нижнее, меньшее, проходит через центр заряда (фиг. 114).



Фиг. 114. Воронка взрыва.

Кратчайшее расстояние *ca* от центра заряда до обнаженной плоскости, на которую обращено действие взрыва, называют линией наименьшего сопротивления и обозначают буквою *w*. Радиус верхнего

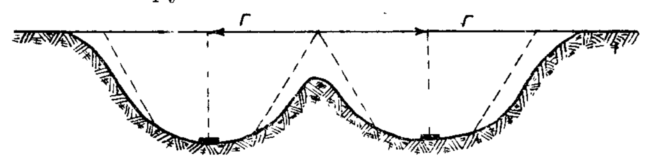
основания воронки ab называют радиусом воронки и обозначают буквою r. Радиус нижнего основания воронки cd называют радиусом для воронки и обозначают через r_1.

Расстояние cb от центра заряда до какой-нибудь точки края воронки называют радиусом взрыва, обозначая его буквою R.

Наконец отношение радиуса воронки к линии наименьшего сопротивления $\frac{r}{w}$, называемое раствором воронки, принято обозначать буквою n.

В зависимости отношения радиуса воронки r к линии наименьшего сопротивления или последней w к радиусу взрыва горны бывают следующие: 1) простые, когда $r = w$, образуют нормальную воронку; 2) усиленные, когда $r > w$, дают широкую воронку; 3) уменьшенные, когда $r > w$, дают котлообразную воронку и глубокий слой рыхлой породы; 4) выпирающие, когда $R = w$, т. е. когда, не образуя воронки, газы выпучивают поверхность земли и получается бугор, который иногда оседает и проваливается в пустоту, т. е. в сферу сжатия, называемую в этих случаях каверной; 5) камуфлеты, когда $R < w$, т. е. когда действие не обнаруживается на поверхности земли и только происходит образование внутренней пустоты. При поперечном разрезе места взрыва мы обнаружим грушевидную сферу рыхлой комковидной среды. Если взрыв произведен в вязкой среде, то найдем котлообразную пустоту с уплотненными стенками, носящую название камуфлетной пустоты.

По относительному положению зарядов между собою горны бывают сближенные и ярусные.



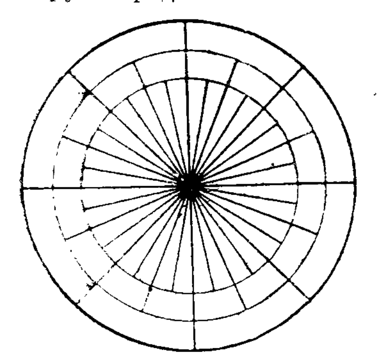
Фиг. 115. Сближенные горны.

Сближенными горнами (фиг. 115) называют такие, которые закладываются один от другого в расстоянии, равном двойному радиусу воронок, или ближе, вследствие чего воронки или их взаимно касаются или пересекаются.

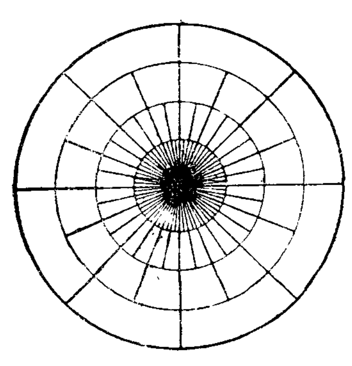
Ярусными горнами называют такие, которые закладываются на различной глубине уступами, в шахматном порядке. Таким образом, рассматривая элементы воронки как результаты взрыва горна, разберем последовательно все факторы, влияющие на образование этого горна.

1. Свойство применяемого взрывчатого вещества. На фиг. 116 мы видим графическое изображение действия газов взрыва при применении менее бризантного взрывчатого вещества, радиальные силовые линии которого, возникающие при взрыве, удаляются дальше от очага взрыва. При этом следует отметить, что концентрация этих линий напряжения в центре взрыва сравнительно невелика.

На фиг. 117 мы видим тоже графическое изображение характера взрыва бризантного вещества (высокопроцентный динамит), причем концентрация линий напряжения находится только в очаге взрыва, в силу чего эти силовые линии в очень незначительной мере доходят до наружной поверхности, взрываемой породы, тем самым развивая свою максимальную силу на очень незначительном радиусе, сконцентрированном вокруг заряда.



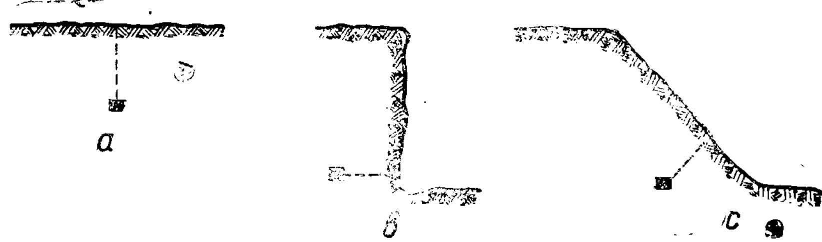
Фиг. 116. Действие заряда менее бризантного взрывчатого вещества.



Фиг. 117. То же, но более бризантного.

2. Линия наименьшего сопротивления. Если мы возьмем одинакового веса заряды какого-либо взрывчатого вещества, заложим их в одну и ту же породу, но на разную глубину, и произведем наблюдение над результатами взрывов обоих зарядов, то увидим колоссальную разницу в их действии, так как одно и то же количество потенциальной энергии в одном случае, действуя на незначительный объем породы и при достаточном весе заряда, легко разбрасывает породу и производит воронку, а во втором случае тот же заряд не имеет достаточно силы для выбрасывания породы и производит лишь эффект глубокого рыхления определенной сферы.

Линия наименьшего сопротивления может быть: а) вертикальной — при работах на ровной поверхности; б) горизонтальной — при взрывах высоко отвесных стен, и в) наклонной — в откосах (фиг. 118).



Фиг. 118. Различное положение линий наименьшего сопротивления.

3. Крепость породы. Мы уже говорили о том, что при одинаковых зарядах в породах с различной крепостью, например вдвое одна против другой, для получения одного и того же эффекта необходимо взять вдвое более сильный заряд.

Эти три фактора связаны между собою математическими формулами и служат основанием для расчета зарядов взрывчатого вещества. Линия наименьшего сопротивления входит во все формулы как известная величина в каждом отдельном случае.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СФЕР ДЕЙСТВИЯ ПОРОХОВЫХ И БРИЗАНТНЫХ ГОРНОВ

Для пороховых горнов сферы действия взрыва имеют форму эллипсоидов вращения, оси которых проходят через центр заряда. Сфера сжатия для них имеет в 100 раз больше объема заряда. Сфера сотрясения и разрушения определяется величиной их полуосей, из которых малые, имеющие вертикальное положение, называются вертикальными радиусами, а большие, направленные горизонтально, называются горизонтальными радиусами этих сфер.

По Гюмпертцу и Лебрену, для простых горнов величина этих радиусов, при линии наименьшего сопротивления следующая: ;
горизонтальный радиус сферы сотрясения

$$S = \frac{7}{4} = 1{,}75\ w$$

вертикальный радиус сферы сотрясения

$$t = w\sqrt{2} = 1{,}4\ w$$

горизонтальный радиус сферы разрушения

$$S_1 = w\sqrt{2} = 1{,}4\ w$$

вертикальный радиус сферы разрушения

$$t_1 = w$$

Для других горнов эти радиусы определяют вычислением л. н. с. $= w$, при которой заряд, данного горна сделает простой горн, и принимают радиусы сфер, определенные для этого простого горна, за радиусы сфер данного горна. Это вычисление является следствием независимости внутреннего действия горнов от глубины расположения заряда.

Сфера сжатия горнов бризантных взрывчатых веществ в три раза больше, чем у пороховых того же веса. Сферы разрушения и сотрясения для бризантных взрывчатых веществ весьма характерно разграничиваются между собою и могут быть приняты для всех горнов шарообразными. Поэтому в данном случае размеры сфер определяются радиусами шаровых поверхностей.

Для простого горна радиус сферы в одной и той же породе равен л. н. с., или радиусу воронки, т. е. $t_1 = S_1 = w = r$.

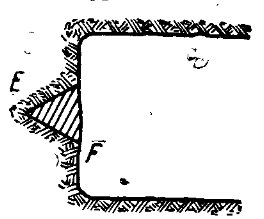
Для остальных горнов вследствие независимости подземного действия зарядов от л. н. с. радиусы сфер разрушения равны линии наименьшего сопротивления простого горна, имеющего заряд, одинаковый с зарядом данного горна, т. е. для усиленных и уменьшенных горнов $t_1 = S_1 = nw = r$ и для камуфлета $t_1 = S_1$ 0,5 w.

При сравнении этих величин с таковыми для пороховых горнов оказывается, что при одинаковых воронках действие бризантных взрывчатых веществ по горизонтальному направлению меньше, чем у пороховых.

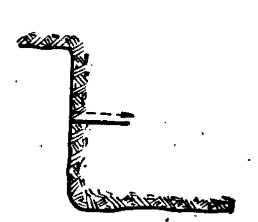
Объем сферы сотрясения для бризантных взрывчатых веществ имеет величину от 3 до 4 r. Действие этих горнов в пределах сферы сотрясения крайне слабо и практического значения не имеет.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ШПУРОВ В ЗАБОЯХ И РАСЧЕТ ЗАРЯДОВ

Правильное расположение шпуров в забое обеспечивает полное использование взрывчатого вещества, эффективность самого взрыва и экономию расхода на взрывные работы. При выборе места заложения шпура принимают во внимание количество и характер залегания пород, степень обнаженности плоскостей, направление трещин и слоеватость в забое. Если в забое горной выработки, проходящей по однородной массивной и неслоистой породе, заложить шпур перпендикулярно к плоскости забоя (фиг. 119), то при взрывании его произойдет холостой взрыв, т. е. взрывчатое вещество не произведет никакого полезного действия. Это произойдет потому, что сопротивление породы в общей массе чрезвычайно велико, а газы в шпуре давят во все стороны с одинаковой силой, следовательно порода размельчится только на очень небольшом расстоянии вокруг шпура, и вся сила газов будет направлена на выбрасывание забойки. Отсюда естественно выходит, что заданное направление шпура является неправильным.



Фиг. 119. Наклонное расположение шпура под углом 15°.

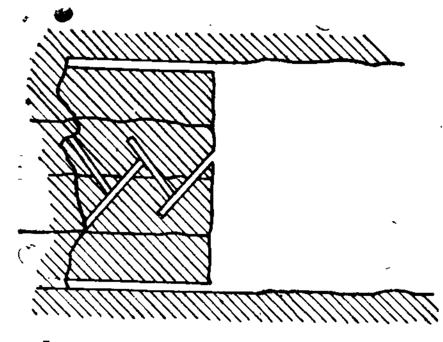


Фиг. 120. Направление шпура, параллельное плоскости забоя.

При заложении же шпура наклонно к плоскости забоя (фиг. 119) разрушающая сила газов будет разложена на две. Одна из них тогда станет давить вверх на массу породы и никакого полезного действия производить не будет, а другая сила, направленная вниз, будет стремиться оторвать породу по линии EE. Отсюда понятно, что чем больше угол наклона шпура к обнаженной плоскости забоя, тем значительней будет составляющая ее сила. Практически величина угла, составляемая осью шпура с плоскостью забоя, не должна быть менее 15°. Таким образом, все более увеличивая угол наклона шпура к плоскости забоя, доведем его до 90°, т. е. когда направление шпура будет параллельным плоскости забоя, тогда действие его будет максимальным (фиг. 120). Это направление шпура возможно лишь в случае, если мы имеем наличие двух плоскостей обнажения. Поэтому часто для получения второй плоскости обнажения делают предварительно подбой или вруб. Еще более будет увеличиваться полезное действие шпура при наличии трех плоскостей обнажения, так как при действии взрывчатого вещества большая часть слагающих сил, чем при одной и двух обнаженных плоскостях, пойдет на отрывание породы, а не будет поглощаться сопротивлением.

Трещины и плоскости напластования являются плоскостями наимень-

шего сопротивления, в силу чего присутствие их облегчает отбойку породы и увеличивает полезное действие взрыва, когда они находятся позади шпура. В том же случае, когда шпур пробурен дальше плоскости напластования или трещины, то при взрыве порода может оторваться только до этой плоскости или трещины. Таким образом можно вполне установить, что для получения наибольшего эффекта взрыва необходимо получить как можно больше обнаженных плоскостей в забое, и шпуры следует располагать таким образом, чтобы были использованы имеющиеся плоскости обнажения и чтобы при взрыве новых шпуров обнажались плоскости, которые были бы использованы последующими шпурами. Ввиду того что породы легче отделяются по плоскостям напластования и трещинам, чем по другим направлениям, то первые должны быть в первую очередь использованы при выборе глубины шпуров и места их заложения. Невыгодно и трудно работать там, где трещины и плоскости напластования идут параллельно оси выработок. Такие условия встречаются в горизонтальных пластах. Поэтому, для того чтобы воспользоваться плоскостями наименьшего сопротивления, здесь делают сначала подбой в почве, в потолке выработки или вообще там, где будет подходящий прослоек, после чего уже закладывают шпуры параллельно или перпендикулярно плоскостям напластования (фиг. 121).



Фиг. 121. Заложение шпуров в различных направлениях.

Вообще же чаще всего шпуры приходится располагать под некоторым углом к плоскостям напластования, и чем тупее этот угол, тем производительнее будет разрушение — сила взрыва. Большое значение на эффект взрыва оказывают также диаметр и глубина шпуров. Естественно, что чем больше размеры шпура, тем больший заряд взрывчатого вещества может в него поместиться, т. е. тем больше будет заложено в нем потенциальной энергии, тем более сильный получится взрыв и тем больший объем породы может быть им оторван. Следовательно при прохождении определенной выработки за счет увеличения объемов шпуров может быть уменьшено их количество. Но это может быть проведено только до известных пределов в каждом отдельном конкретном случае, так как относительно большие заряды при взрыве произведут сильное сотрясение в окружающих породах, что может отразиться на устойчивости выработок. Наиболее распространенный диаметр шпуров от 20 до 40 *мм* при ручном бурении и от 35 до 70 *мм* при машинном. Известно, что наивыгоднейшее действие заряда взрывчатого вещества будет при кубической или шарообразной форме его. Действие же кубического заряда практически одинаково с действием цилиндрического заряда, длина которого не превосходит трех диаметров. Поэтому, если выходит, что по скважине данного диаметра заряд длиннее трех диаметров его, нельзя рассчитывать на то, чтобы заряд подействовал как сосредоточенный.

Для получения возможности заложения больших зарядов в шпурах и придания им сосредоточенной формы необходимо на дне предварительно устраивать камуфлетные пустоты; от взрыва небольшого заряда бризантного взрывчатого вещества пустоты делают из расчета на 30 *см.* длины диаметра желаемой камеры брать 0,4 *кг* взрывчатого вещества. Это соотношение правильно при получении длины диаметра не свыше 90 *см.* Глубина шпуров обычно зависит от размеров выработки, крепости породы, способа бурения и величины отрываемых кусков: чем порода крепче, тем шпуры мельче, и наоборот: чем порода слабее, тем шпуры глубже. В одном и том же забое закладываются шпуры разных размеров. Обычно шпуры, взрываемые в крепких породах, делаются короче шпуров, взрываемых в мягкой породе. В выработках большого сечения шпуры можно задавать глубокие.

При очистной выемке, когда требуется получить полезное ископаемое в кусках определенной величины, закладывают мелкие шпуры. В слитных же породах без прослойков — самые глубокие. Мелкие шпуры от 0,25 до 0,5 *м*, средние шпуры от 0,5 до 2 *м* и глубокие шпуры от 2 и более.

Глубина шпуров в зависимости от величины линии наименьшего сопротивления при одной обнаженной плоскости делается $T = 1{,}5—2\ w$, причем необходимо принять во внимание, чтобы дно шпура никогда не было ниже почвы уступа. Расстояние между отдельными шпурами принимается $0{,}5—2\ w$, но при этом необходимо различать способ взрывания смежных зарядов, т. е. будут ли взорваны последовательно один за другим или одновременно. При одновременном взрыве расстояние берется наибольшее, равное $1{,}5—2\ w$, так как в результате взаимного и особенно одновременного взрыва действия зарядов взрывчатого вещества значительно усиливаются.

Объем взорванной породы при глубине скважины T, заложенной под углом в 45° к забою, можно определить по следующим формулам:

$v = 0{,}37\ T^3$ при одной обнаженной плоскости забоя

$v = 0{,}84\ T^3$ „ двух обнаруженных плоскостях „

$v = 1{,}33\ T$ „ трех „ „ „

При других углах получаются иные результаты. По Шалону, объем взорваной породы определяется формулой $v = \frac{\pi}{3} w^3$. Это значит, что воронка пропорциональна кубу линий наименьшего сопротивления.

Для определения расчета заряда при работе мелким шпуровым методом точных правил пока еще дать невозможно, и поэтому в каждом отдельном случае, учтя местные условия, свойства породы и другие факторы, к расчету нужно подходить чисто опытным путем, пользуясь приближенными теоретическими основаниями в виде эмпирических формул. Можно пользоваться следующей формулой Шалона:

$$L = ERw^2$$

где E коэфициент силы взрывчатого вещества, R коэфициент крепости породы, w — линия наименьшего сопротивления в метрах, L—величина заряда в килограммах.

Значение для E: студенистый динамит 0,70, студенистый гризутин (30%) 1,57, студенистый гризутин (12%) 2,00, пироксилин 0,95. робурит, беллит 1,22, рекарок 1,30, аммиачный динамит (30%-ного динамита) 1,35, прессованный порох 2,00, зерненый порох 2,50.

Значение для R: очень твердые породы (кварцит, твердый гранит) 1,00, твердые породы (гранит, порфир, гнейс) 0,80, твердый сланец, зернистый известняк 0,50, породы средней твердости (известняк, сланец) 0,30, породы малой твердости (уголь, медь) 0,15, сыпучие породы (наносы, песок) 0,05.

Практически заряд в шпуре должен занимать не более $^1/_3$ или $^1/_2$ всей длины его.

Нижеприводимые формулы различных горнов служат основой при вычислении зарядов:

Пороховые горны

$$\text{Простые } C = 1{,}83\, w^3 P \qquad (1)$$

$$\text{Усиленные } Q = C\,(0{,}4 + 0{,}6 n^3) \qquad (2)$$

Более уточненной является формула Гюмпертца и Лебрена, служащая для вычисления внутреннего действия усиленных горнов:

$$Q = C\,(0{,}09 + 0{,}91 n)^3 \qquad (3)$$

$$\text{Уменьшенные } Q = C\left(\frac{3n+4}{7}\right)^3 \qquad (4)$$

$$\text{Выпирающие } C = 1{,}83\left(\frac{5}{7}w\right)^3 P \qquad (5)$$

$$\text{Наибольшие камуфлеты } C = 1{,}83\left(\frac{4}{7}w\right)^3 P \qquad (6)$$

Значения для пороховых горнов: C — вес заряда в килограммах простого горна, Q — вес заряда в килограммах усиленного или уменьшенного горна, w — линия наименьшего сопротивления в метрах, P — количество пороха, необходимое для подорвания 1 $м^3$ породы. Этот коэфициент определяется опытным путем и для различных пород различен.

При вычислении зарядов, содержащих аммиачную селитру, величину P уменьшают в 1,5 раза.

Горны бризантных веществ

$$C = 0{,}92\, w^3 P \quad \text{Простой для динамитов} \qquad (7)$$

$$C = 1{,}22\, w^3 P \quad \text{„ для аммонитов} \qquad (8)$$

$$Q = C n^3 \text{ усиленный} \qquad (9)$$

$$Q = \frac{C}{8} \text{ Наибольшие камуфлеты} \qquad (10)$$

Значения для бризантных горнов: C — заряд простого горна при л. н. с.[1] искомого, Q — заряд усиленного или уменьшенного горна, n — желаемый раствор воронки, P — то же, что и раньше. Значение коэфициента P для некоторых пород при взрыве 1 $м^3$ породы следующее (в килограммах пороха): желтоватая песчаная земля 0,78, песчаная глина 1,12, сыпучий песок 1,18, глина с супеском и каменистый грунт 1,22, песок, смешанный с твердыми комьями супеска 1,34, чрезвычайно крепкая глина (красная) 1,57, скала известняковая или песчаниковая[2] 1,78, скала гранитная или гнейсов[2] 2,10.

Раствор воронки для усиленных горнов увеличивается только до известных пределов, так как горение большого количества пороха требует известного промежутка времени и момент части работы происходит до окончания полного сгорания заряда, вследствие чего газы, образовавшиеся позже, устремляются в сторону меньшего сопротивления, оказывая незначительное действие на бока и дно воронки. Помимо этого с увеличением радиуса воронки бока ее делаются все положе, отчего газы скользят по ним, не увеличивая самой воронки.

Для горнов бризантных веществ коэфициент P в зависимости от крепости породы необходимо уменьшать в 2—2,5 раза.

---

[1] Линия наименьшего сопротивления.

[2] Без трещин; при существовании же в скале значительных трещин коэфициенты могут быть уменьшены в 1,5—2 раза.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

(В редакции постановления НКТ СССР от 31/V 1930 г. № 193)

1. Приобретение взрывчатых материалов

§ 363. При горных работах допускается пользование только теми взрывчатыми материалами, которые включены в прилагаемый список, и лишь с со блюдением условий применения, указанных в этом списке (приложение 5-е).

Под взрывчатыми материалами в настоящих Правилах разумеются как взрывчатые вещества и селитренный или черный дымный порох, так и принадлежности для взрывания, как-то: капсюли-детонаторы, электрозапалы (электропальники), электродетонаторы, детонирующий шнур, бикфордов шнур (затравка) и пр.

Применение новых взрывчатых материалов допускается только с разрешения НКТ СССР в каждом отдельном случае, о чем публикуется для всеобщего сведения.

Применение аммиачноселитровых взрывчатых веществ (аммонитов), взрывчатых веществ „Усовершенствованный прометей“, „Рекарок“ и „Медзянкит“, а также оксиликвитов, т. е. патронов жидкого кислорода, регулируются прилагаемыми специальными инструкциями (приложения 6, 7 и 8).

§ 364. На каждой коробке взрывчатых веществ, приобретаемых горными предприятиями, должны обозначаться год и месяц приготовления; срок годности для применения, считая со времени изготовления; величины предельных зарядов для веществ, применяемых в шахтах, опасных по газу и пыли; номер и наименование детонатора, необходимого для полной детонации данного взрывчатого вещества, название завода; подробный состав содержащегося в патроне вещества; а также номер ящика, в котором патроны упакованы для отправки с завода.

На каждом патроне должны обозначаться год и месяц приготовления; название завода; подробный состав содержащегося в патроне вещества, а также номер ящика, в котором патрон упакован для отправки с завода. Такие же обозначения должны быть и на укупорке в случае выпуска непатронированных взрывчатых веществ. В частности для взрывчатых веществ (типа Шпревгеля), состоящих из твердой части в виде патронов, и жидкой, которой патроны пропитываются перед самым употреблением, соответственные обозначения должны быть сделаны не только на патронах, но и на сосуде, в котором поступает в продажу жидкая, составная часть этих веществ.

Нитроглицериновые взрывчатые вещества, назначенные для применения на всякого рода открытых работах, а также на подземных разработках рудных и минеральных месторождений, должны быть патронированы в разноцветной (пестрой) упаковке. Это правило вступает в силу через 6 месяцев со дня опубликования.

На коробках с капсюлями-детонаторами должны быть обозначены номер капсюлей-детонаторов и название взрывчатого вещества, которым они снаряжены (гремучертутнотетриловые или азидотетриловые), год изготовления и количество. На коробках с электродетонаторами и электрозапалами кроме того должны быть обозначены величины сопротивления в омах.

§ 365. Взрывчатые материалы должны отпускаться и приобретаться в исправной заводской укупорке, типа, установленного всесоюзным стандартом, причем взрывчатые вещества должны быть в патронах, за исключением тех, которые разрешается употреблять в непатронированном виде.

§ 366. Взрывчатые вещества, а также принадлежности к ним, как-то: зажигательный шнур, детонаторы (капсюли, электродетонаторы, детонирующий шнур и т. п.), могут приобретаться и перемещаться горнопромышленными предприятиями лишь с особого разрешения, выдаваемого на основании свидетельства окружного горнотехнического инспектора.

Порядок выдачи свидетельств и разрешений определяется особой инструкцией НКТ СССР.

Перемещение взрывчатых материалов и принадлежностей к ним в пределах одного и того же округа из другого горнопромышленного предприятия или внутри того же предприятия производится без какого-либо предварительного разрешения, но с немедленным последующим уведомлением в порядке, определяемом указанной инструкцией НКТ СССР.

§ 367. Предприятия, получившие разрешение на приобретение взрывчатых материалов, обязаны приобретать их только с заводов или баз, организованных с разрешения надлежащих государственных органов. Приобретение взрывчатых материалов от других горнопромышленных предприятий допускается лишь в исключительных случаях.

Предприятия, получившие разрешение на приобретение взрывчатых материалов, обязаны по требованию окружных горнотехнических инспекторов представлять им документы о том, где и у кого приобретены взрывчатые материалы.

При отпуске взрывчатых материалов для предприятий лица, уполномоченные на их приемку, обязаны расписываться в книгах в получении материалов и отмечать на имеющихся у них разрешениях, когда именно и сколько взрывчатых материалов принято в счет количества, указанного в разрешении.

Заводы, базы и горнопромышленные предприятия, отпустившие взрывчатые материалы, обязаны о каждом отпуске немедленно уведомлять окружного горнотехнического инспектора, в округе которого находится предприятие, получающее материалы. Предприятия, получающие материалы, обязаны уведомлять окружного горнотехнического инспектора о каждом получении партии материалов.

§ 368. Не позже десяти дней по истечении каждого квартала горнопромышленные предприятия обязаны представлять окружным горнотехническим инспекторам выписки из шнуровых книг за истекший квартал, с указанием прихода, расхода и остатка взрывчатых материалов, имеющихся в принадлежащих предприятиям магазинах и других помещениях.

§ 369. Обязанности горнотехнического инспектора по надзору за хранением и расходованием взрывчатых материалов определяются особой инструкцией НКТ СССР.

2. Перевозка и переноска взрывчатых материалов

а) Общие правила

§ 370. Перевозка взрывчатых материалов по железнодорожным и водным путям должна производиться согласно правилам НКПС.

§ 371. Перевозка взрывчатых материалов к складам для их хранения должна производиться не иначе, как в той же самой укупорке, в какой они были отпущены с завода или из складов, при условии, чтобы ящики были крепко закупорены и находились в исправном состоянии.

Каждое место должно быть запломбировано или запечатано и снабжено клеймом завода.

б) Перевозка гужом на подводах

§ 372. Перевозка на подводах должна производиться со всеми мерами предосторожности, при надлежащей охране и с сопровождением лица, ответственного за хранение взрывчатых материалов.

При выборе подвод для перевозки предпочтительно следует брать рессорные телеги.

Перевозка отдельных нитроглицериновых взрывчатых веществ должна производиться в специальных рессорных, отепленных повозках.

При перевозке в телеге или санях ящики со взрывчатыми материалами должны укладываться таким образом, чтобы они: 1) не соприкасались один с другим, для чего их следует перекладывать рогожами и прочими материалами (прокладка между ящиками из сена, соломы стружек и тому подобных материалов воспрещается), 2) не ударялись о кузов и не терлись о колеса. Перевозить на одной телеге и т. п. более 320 *кг* взрывчатых веществ воспрещается.

Вместе с взрывчатыми материалами какую бы то ни было другую кладь перевозить воспрещается.

Осмотрев подводы и лошадей и убедившись в их пригодности, сопровождающий приступает к нагрузке ящиков на подводы, затем наблюдает за укладкой, увязкой и покрышкой возов брезентами против дождя и снега и, убедившись в полной исправности всего упомянутого, отправляется вместе с транспортом.

Сопровождающий, получив все документы на перевозку материалов и маршрут следования, не имеет права изменять его по собственному усмотрению или настояниям возчиков.

§ 373. На одних и тех же повозках разрешается перевозить совместно с взрывчатыми веществами также детонирующий и бикфордов шнуры, электрозапалы и пеньковый фитиль — все в соответствующей укупорке.

Воспрещается перевозить на одной повозке совместно с взрывчатыми веществами капсюли и электродетонаторы. Для перевозки капсюлей и электродетонаторов надлежит выделять отдельную повозку, обязательно рессорную.

§ 374. На повозке, везущей взрывчатый материал, а если он везется на нескольких повозках, то на передней из них должен быть выставлен красный флаг. Между повозками по ровной дороге необходимо соблюдать интервалы не менее 20 *м* и следить за тем, чтобы повозки шли все в один ряд, держась правой стороны; каждый возчик должен всегда находиться при повозке, которую он сопровождает. Транспорт взрывчатых материалов во все время следования должен охраняться вооруженными людьми из расчета один человек на 5 подвод; эта охрана во всем подчиняется лицу, сопровождающему транспорт.

§ 375. Курить табак и разводить огонь на расстоянии менее 200 *м* от повозок с взрывчатыми материалами воспрещается. Для отдыха транспорта следует останавливаться вне селений и городов и не ближе 100 *м* от проезжих дорог. Воспрещается лицам охраны и возчикам, кроме сопровождающего, иметь при себе спички и другие легковоспламеняющиеся вещества. Сопровождающий обязан наблюдать, чтобы во время привала возчики не употребляли спиртных напитков. Пьяных людей немедленно надлежит удалять из транспорта и заменять трезвыми.

§ 376. При следовании транспорта в пути, по улицам города или селениям, сопровождающий наблюдает, чтобы охрана была на своих местах, предупреждая всех встречающихся, чтобы мимо транспорта не ехали быстро и не курили. Если в пути будет замечен впереди огонь от костров или пожара, то нужно их объезжать возможно дальше. Если же при проезде лесом транспорт будет застигнут грозой, то надлежит продолжать следование, а, выйдя на открытое место, следует остановиться в поле, дальше от леса, жилья или дороги, расставив повозки одну от другой в расстоянии от 100 до 150 *м*.

Если какая-либо повозка или часть ее в пути сломается, то груз с этой повозки должен быть разложен на другие повозки до первого привала, где сломавшуюся повозку надлежит исправить.

При спуске транспорта с горы телега от телеги должна находиться не ближе 100 *м*. При этом должны быть приняты все меры к тому, чтобы не опрокинуть телегу. При переправах через реки нужно предохранять груз от подмочки. При переездах полотна железной дороги следует предварительно справляться у ближайшего путевого сторожа о времени прохода поезда и сообразно с этим или остановить транспорт, не доезжая полотна железной дороги около 200 *м*, или переезжать полотно немедля, если времени достаточно, т. е. более $^1/_2$ часа до прохода поезда.

При ясной, сухой погоде надлежит чаще осматривать повозки и немедленно исправлять замеченные неисправности укладки.

Во все время следования транспорта необходимо наблюдать за тем, чтобы повозки всегда были исправны и оси надлежаще смазаны.

§ 377. При гужевой перевозке нитроглицериновых взрывчатых веществ, когда по условиям погоды можно предполагать, что они находятся в замерзшем или полузамерзшем состоянии, необходимо соблюдать особенно тщательные меры предосторожности. В частности:

а) Для перевозки следует применять исключительно рессорные повозки, или сани, причем полки их должны быть устланы войлоком. Между ящиками с такими веществами также должны быть уложены куски войлока.

б) Следует при движении избегать резких толчков и т. п.

в) Перевозка автотранспортом

§ 378. При перевозке взрывчатых материалов автотранспортом ящики должны:

а) Устанавливаться плотно, высотою не более 3 ярусов; б) прочно привязываться веревками и в) покрываться брезентами. Машина должна двигаться со скоростью не более 15 *км* в час. При движении колонны автомобилей между последними должны устанавливаться интервалы не менее 50 *м* по ровной дороге или 100 *м* при спуске с гор.

Воспрещается перевозить совместно со взрывчатыми материалами баки с запасным горючим.

г) Переноска на открытых работах

§ 379. Переноска взрывчатых материалов на открытых горных работах должна производиться исключительно запальщиком. При этом полученные взрывчатые материалы категорически воспрещается оставлять даже на самое непродолжительное время в жилых домах и помещениях для людей, в машинных камерах, вблизи открытого огня или паровых котлов, а также электрических выключателей, предохранителей и других электрических приборов, в которых могут происходить повышения температуры и образования искр, и вольтовой дуги, а также в таких местах, где на взрывчатые материалы могли бы действовать лучи солнца.

д) Перемещение по стволу шахты и выработкам

§ 380. Перемещение взрывчатых материалов по стволу шахты должно производиться не иначе, как после предварительного извещения о том машиниста и сигналистов (стволовых) в рудничном дворе шахты.

При спуске взрывчатых материалов в углубляемую шахту в забое шахты не должно быть никого кроме запальщиков и их помощников.

При нагрузках и перемещениях взрывчатых материалов в шахте на рудничном дворе и в надшахтном здании не должны присутствовать лишние рабочие. Перевозка или переноска взрывчатых материалов в количестве более 25 *кг* должна поручаться не менее как двум рабочим.

§ 381. Перемещение взрывчатых материалов по стволу шахты и доставка их в места хранения не должны производиться во время подъема и спуска рабочих.

Воспрещается оставлять взрывчатые материалы в надшахтном здании для хранения хотя бы в течение самого непродолжительного времени.

§ 382. При перемещении взрывчатых материалов по шахте машинист должен пускать в ход машину постепенно, производить спуск со скоростью не более 1 *м* в секунду и останавливать постепенно машину. Находящиеся в рудничном дворе при забое шахты приемщики должны осторожно снимать ящики или сумки с клети или бадьи и передавать их рабочим, особо для этой цели назначенным.

Там, где подъем и спуск совершаются конным воротом, верховые рабочие и погонщики лошадей при вороте должны производить замедленный спуск взрывчатого груза.

§ 383. Переноска и перевозка взрывчатых материалов в количестве свыше 10 *кг* внутри рудников от шахт к местам, назначенным для хранения этих материалов, должны производиться отдельно от других предметов в присутствии лица, несущего ответственность за хранение взрывчатых материалов.

Рабочие, занятые при перевозке взрывчатых материалов, не должны иметь при себе ни ламп, ни фонарей, а сопровождающие их лица обязаны иметь предохранительные или электрические аккумуляторные лампы.

Занятые переноской рабочие должны предостерегать находящихся вблизи лиц особым сигналом (рожком) о приближении взрывчатого материала.

§ 384. Капсюли-детонаторы должны переноситься и перевозиться отдельно от взрывчатых веществ.

§ 385. Доставка выданных запальщикам взрывчатых материалов к забоям, а равно и обратная доставка неизрасходованных количеств должна производиться запальщиками в прочных кожаных просмоленных холщевых сумках или цинковых ящиках.

§ 386. Получив взрывчатые материалы, запальщик должен направляться к месту работ, нигде не останавливаться, минуя скопления людей, никуда не заходя и никому не давая полученные взрывчатые материалы для хранения.

При хождении по выработкам с сумками взрывчатых материалов запальщик должен держать лампу таким образом, чтобы выделяемое ею тепло не могло вызвать горения или взрыва.

Лица, которым выдаются взрывчатые материалы, могут носить в одной сумке патроны взрывчатых веществ и капсюли-детонаторы (а также электродетонаторы и капсюли-детонаторы, соединенные с бикфордовым шнуром), но только при условии, если капсюли отделены от патронов перегородкой с войлочной прокладкой, обращенной к капсюлям. Толщина прокладки должна быть не менее 2 *см*.

§ 387. При перемещении более 5 *кг* взрывчатых веществ не позволяется перевозить или переносить одновременно с ними капсюли-детонаторы, электродетонаторы и бикфордовы шнуры, соединенные капсюлями-детонаторами.

§ 388. Для доставки взрывчатых материалов в подземные выработки ящики или сумки, содержащие эти материалы, должны укладываться в особые деревянные ящики, выложенные войлоком и снабженные рукоятками из плетеного шнура или из кожи, или они должны быть вложены в деревянные вагончики, выложенные войлоком.

3. Прием и хранение взрывчатых материалов

а) Упаковка взрывчатых материалов

§ 389. При приемке взрывчатых веществ необходимо следить за тем, чтобы все ящики имели боковые стенки, клееные на шипах, а крышки ящиков со всеми взрывчатыми веществами кроме порохов (правила укупорки которых приведены ниже) были укреплены обязательно медными или латунными гвоздями. В случае полного недостатка латунных гвоздей разрешается по особому ходатайству применять оцинкованные гвозди. Железные гвозди, винты и вообще мелкие железные скрепления допускаются лишь для прибивания дна.

Каждый ящик должен содержать в себе не более 25 *кг* взрывчатого вещества. Если коробки и ящики или патроны в коробках уложены не вплотную, то как коробки, так и патроны должны быть переложены мягкими предметами, как-то: опилками, резаной бумагой и т. п.

Вес каждого отдельного места с взрывчатым веществом вместе с укупоркой не должен превышать 35 *кг*.

Укупорка взрывчатых веществ, в том числе и пороха, в бочках не разрешается.

Жестянки или мешки с порохом должны быть помещены внутри ящиков, не имеющих щелей и настолько плотно сделанных, чтобы через стенки ничего не просыпалось. Ящики должны быть деревянные, без железных гвоздей, винтов и вообще каких бы то ни было железных скреплений. Эти последние, а также гвозди и винты могут быть только латунные, медные, железные, оцинкованные или луженые. Вес одного ящика с порохом не должен превышать 55 *кг* вместе с тарой.

§ 390. В случае привоза поврежденного ящика находящиеся в нем взрывчатые материалы должны быть до помещения их в магазин тщательно перепакованы в другой прочный ящик с соблюдением следующих условий:

а) Если в поврежденном ящике не остались патроны динамита или другого нитроглицеринового состава, то как самый ящик, так равно и вещества, служащие для укупорки патронов, должны быть сожжены, как указано в § 680.

б) Употребляемые при этом молотки, клинья, гвозди и т. п. должны быть только латунные, медные или деревянные. Всякая переукупорка должна производиться вне помещений, служащих для хранения взрывчатых материалов (§ 434), и не более как по одному ящику в один прием.

в) Всякая раскупорка или переукупорка ящиков со взрывчатыми материалами должна производиться в присутствии лица, ответственного за хранение и выдачу взрывчатых материалов (зав. складом).

б) Общие правила хранения

§ 391. Взрывчатые материалы и принадлежности для взрывания должны храниться в специально отведенных для этого помещениях (магазинах, складах).

§ 392. На устройство или переустройство склада или магазина (поверхностного или подземного) для хранения взрывчатых материалов должно испрашиваться разрешение горнотехнического инспектора. При заявлении о разрешении должны быть представлены проект склада и план местности, на которой предполагается устроить склад.

Проект устройства отапливаемого склада для нитроглицериновых взрывчатых веществ должен быть согласован с НКТ СССР.

§ 393. Вновь построенные или переустроенные склады или помещения для хранения взрывчатых материалов должны быть осмотрены горнотехническим инспектором для удостоверения в правильности их устройства и расположения.

Если результаты осмотра удовлетворительны, горнотехнический инспектор составляет об осмотре акт и выдает разрешение на пользование складом как помещением для хранения взрывчатых материалов.

§ 394. Взрывчатые материалы, принятые в склад горного предприятия должны сохраняться в той самой укупорке, в которой они были доставлены с завода или складов.

в) Ликвидация складов для взрывчатых материалов

§ 395. В случае приостановления или прекращения работ предприятие обязано сообщить горнотехническому инспектору и в копии инспекции труда о том, сколько взрывчатых материалов осталось неизрасходованными. Оставшийся неизрасходованным запас взрывчатых материалов администрация рудника может или хранить с соблюдением всех правил о хранении взрывчатых материалов, или возвратить в торговый склад, или продать с разрешения горнотехнического инспектора другому предприятию, или наконец уничтожить на месте работ в соответствии с местными условиями производства этих работ (например путем применения усиленных зарядов шпуров и, если это допустимо, добавочных шпуров и т. п.).

В случае, если бы работа на руднике не возобновилась, то не израсходованные и не переданные другим предприятиям взрывчатые материалы должны быть уничтожены в порядке §§ 661—680.

г) Общие положения об устройстве поверхностных складов

§ 396. Хранить взрывчатые вещества (кроме пороха) на дневной поверхности разрешается в количестве: а) свыше 25 *кг* только в специально для этого устроенных поверхностных складах, удовлетворяющих требованиям §§ 399—419, 422—424, 428, 434, 437, 459 и 464; б) не свыше 25 *кг*—кроме ука-

занных складов также в особых помещениях на самом руднике, копи и т. п., но с тем, чтобы подобные помещения удовлетворяли требованиям §§ 397, 415, 416, 418, 420, 423—425 и 429.

Хранить порох на дневной поверхности разрешается в количестве: а) свыше 50 *кг*—только в специально для этого устроенных поверхностных складах, удовлетворяющих требованиям §§ 399 — 419, 422 - 424, 428, 434, 437, 459 и 464; б) свыше 10 *кг* до 50 *кг* — кроме указанных складов также в особых помещениях на самом руднике, копи и т. п., но с тем, чтобы подобные помещения удовлетворяли требованиям §§ 397, 414, 415, 417, 419, 422 — 424 и 428; в) свыше 5 *кг* до 10 *кг* — помимо вышеуказанных складов и помещений также в нежилых строениях, не имеющих очагов и печей.

§ 397. Помещения на самом руднике, копи и т. п., служащие для хранения взрывчатых материалов в количестве не свыше 25 *кг*, а пороха от 10 *кг* до 50 *кг*, должны находиться на расстоянии не менее 100 *м* от жилых домов и вообще от таких строений, в которых находятся очаги и печи или где работают люди, и не менее 200 *м* от границы земли, отчужденной под железную дорогу. Воспрещается также устраивать очаги и печи на расстоянии меньше 100 *м* от этих помещений.

§ 398. При временных и разведочных горных работах, а также и при проходке шахт, квершлагов, рудничных дворов и прочих капитальных выработок впредь до устройства подземных магазинов разрешается хранение пороха и прочих взрывчатых веществ в нежилых строениях с соблюдением следующих правил:

а) В случае необходимости использования для хранения нежилых строений при производстве временных горных работ временный характер последних должен быть предварительно, до использования строения, установлен местным горнотехническим инспектором, выдающим разрешение на приобретение взрывчатых веществ.

б) Нежилые строения должны быть без печей и очагов; при использовании жилых помещений под склад для хранения взрывчатых материалов топочные отверстия имеющихся печей должны быть обязательно надежно замурованы кирпичом, чтобы в печах случайно или умышленно не мог быть разведен огонь.

в) Расстояние, отделяющее указанные строения от других строений, должно отвечать требованиям § 397.

г) В период хранения строения не должны быть использованы хотя бы для временного пребывания людей или производства работ.

д) Указанные строения во все время хранения должны находиться под постоянным надзором.

е) Количество одновременно хранимого пороха не должно превышать 50 *кг*. Количество прочих взрывчатых веществ, находящихся на единовременном хранении, не должно превышать 75 *кг* при необходимом количестве капсюлей (или электродетонаторов) и бикфордова шнура.

д) Разделение взрывчатых материалов на группы по степени опасности при хранении

§ 399. Все взрывчатые материалы по степени опасности хранения их делятся на 4 группы:

I группа—нитроглицериновые взрывчатые вещества с содержанием нитроглицерина не ниже 12%, хлоратные, перхлоратные и тому подобные взрывчатые вещества.

II группа—дымный (селитренный) порох.

III группа—взрывчатые вещества с аммиачной селитрой.

IV группа—капсюли-детонаторы, электродетонаторы, электрозапалы, бикфордов шнур, детонирующий шнур и т. п.

§ 400. В рудничных складах на дневной поверхности совместное хранение в одном помещении взрывчатых веществ всех трех групп допускается лишь при следующих условиях:

а) Если общее количество всех хранимых взрывчатых веществ и отдельные количества каждого из них не будут превышать норм, предусмотренных настоящими Правилами.

б) Если различные взрывчатые вещества будут храниться в различных помещениях (камерах), отделенных одно от другого сплошной каменной или бетонной стеной толщиной не менее 15 *см*.

§ 401. Сухие патроны составов Шпренгеля и „Медзянкит" должны храниться отдельно от жидких поглотителей в другом помещении. При общем количестве взрывчатых веществ, не превышающем 250 *кг*, разрешается совместное хранение в общем помещении нитроглицериновых взрывчатых веществ с аммиачно-селитровыми.

§ 402. В случае совместного хранения в одном магазине взрывчатых веществ разных групп вещества II и III групп переводятся на вещества I группы в соответствии с соотношениями, указанными в таблице, приведенной в § 404. Все исчисления предельных норм хранения производятся в этом случае применительно к веществам I группы.

П р и м е р. В складах I класса одновременно хранится или 75 *кг* веществ I группы, или 100 *кг* веществ II группы, или 250 *кг* веществ III группы. Следовательно 1 *кг* веществ II группы приравнивается к 0,75 *кг* веществ I группы, а 1 *кг* веществ III группы приравнивается к 0,4 *кг* веществ I группы.

§ 403. Предусмотренные § 400 требования хранения для разных групп взрывчатых веществ обязательны для вновь устраиваемых складов. Существующие склады должны быть переустроены или вновь устроены в соответствии с требованиями соответствующих статей настоящих Правил в течение 2 лет со дня опубликования настоящих Правил.

§ 404. Склады для хранения взрывчатых материалов могуть быть следующих четырех классов:

Классы	I класс			II класс			III класс			IV класс		
Группы	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максимальное количество взрывчатых веществ по каждой отдельной группе в килограммах	75	100	250	250	250	500	1 000	1 000	1 000	8 000	8 000	8 000

Количество и порядок хранения взрывчатых принадлежностей (капсюлей детонаторов, детонирующего и бикфордова шнуров и др.) определяется в §§ 475—482.

§ 405. В зависимости от классов и нагрузки складов со взрывчатыми материалами для них устанавливаются следующие предельные расстояния (в метрах) от различных предметов, требующих охраны на случай взрыва магазинов:

Группы	Классы складов											
	I класс			II класс			III класс			IV класс		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максимальные нормы хранения в килограммах	75	100	250	250	250	500	1 000	1 000	1 000	8 000	8 000	8 000
1. Склады легко воспламеняющихся и взрывчатых веществ, не принадлежащие горным предприятиям, заводы взрывчатых веществ	300			500			750			1 500		

Группы	Классы складов											
	I класс			II класс			III класс			IV класс		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максимальные нормы хранения в килограммах	75	100	250	250	250	500	1 000	1 000	1 000	8 000	8 000	8 000
2. Границы отчуждения железнодорожной полосы отвода, городская черта, рабочие поселки и другие населенные места, фабрики и заводы	200			250			500			1 000		
3. Отдельные жилые строения, большие дороги, судоходные реки и каналы	150			200			300			400		

§ 406. Помещения для сторожей, занятых по охране склада взрывчатых материалов, должны устраиваться в расстоянии не ближе 50 *м* от складов I класса, 75 *м* от складов II класса, 100 *м* от складов III класса и 150 *м* от складов IV класса.

Печи в этих помещениях должны постоянно находиться в исправном состоянии, причем печи, не заключенные в железные футляры или не обделанные изразцами, должны быть выбелены.

Как печи, так и дымоходы должны быть надежно изолированы от деревянных частей здания разделками с тем, чтобы расстояние от дыма до дерева было не менее 50 *см*.

Патрубки, переводящие дым от печей к ближайшим дымовым каналам, должны быть кирпичные в железных футлярах из 6-килограммового листового железа.

Кирпичные трубы в пределах чердака должны быть выбелены.

Очистка дымовых труб должна производиться не менее двух раз в месяц.

При водяном отоплении указанных помещений трубы должны отстоять от деревянных или иных горючих предметов на расстояние и менее 15 *см*.

§ 407. При наличии вокруг складов для взрывчатых материалов естественных преград (горы, высокий лес и т. д.) предусмотренные в § 405 предельные расстояния от складов до окружающих предметов могут быть с разрешения местного горнотехнического инспектора уменьшены.

е) Группа помещений (магазинов) в одном складе

§ 408. В каждом складе дозволяется хранить не более того количества взрывчатых веществ, на которое он устроен (§ 404).

§ 409. Горнопромышленным предприятиям разрешается устраивать у себя склад из нескольких помещений (магазинов). В этом случае общее количество взрывчатых веществ, хранимых в группе магазинов, не должно превышать 8 000 *кг*. Указанная группа должна быть удалена (§ 405) от окружающих предметов соответственно общему количеству взрывчатых веществ, хранимых в нескольких магазинах. Магазины должны отстоять друг от друга не менее чем на 100 *м*, считая от стены до стены, и в то же время удовлетворять всем остальным требованиям настоящих Правил.

В разных магазинах одного и того же склада разрешается отдельное хранение взрывчатых веществ всех трех групп.

При наличии валов вокруг отдельных магазинов согласно § 437 расстояния между подошвами валов могут быть соответственно уменьшены, каждый раз с особого разрешения местного горнотехнического инспектора.

ж) Устройство и содержание строений для складов

§ 410. Строения для складов могут быть кирпичные, каменные, железобетонные или бетонные (из тощего бетона), причем гравий для бетона должен состоять из зерен диаметром не более 2 *см*.

Для первой группы взрывчатых материалов кирпичные и каменные склады не допускаются.

По особому разрешению местной горнотехнической инспекции, в зависимости от материальных условий, допускается постройка складов бревенчатых, земляных или из досок с засыпкой.

Допускается устройство таких же складов для временных открытых работ.

§ 411. С разрешения местного горнотехнического инспектора склады могут устраиваться в оврагах и старых отвалах, а также могут быть частично или полностью углублены в землю.

§ 412. Крыши складских строений должны быть легкой конструкции, водонепроницаемы и несгораемы, например из железа, дерева, покрытого асфальтовым толем, из цементных или бетонных плиток, из черепицы и т. п.

Крышу необходимо покрывать легким слоем земли или окрашивать известковой или белой масляной краской во избежание нагревания ее от солнца. Потолок делается на смазке во избежание быстрых колебаний температуры.

§ 413. Полы в магазинах должны быть земляные или деревянные из ровных досок без железных гвоздей, асфальтовые или цементные по бетону. При устройстве деревянных полов доски в последних должны быть пригнаны плотно без всяких зазоров против просыпания и накопления рассыпавшихся взрывчатых веществ. Пространство под деревянным полом должно проветриваться, для чего в цоколе делаются отдушины, которые снабжаются железными решетками с сетками. Воспрещается устройство цементного или бетонного пола в складах для хранения пороха.

§ 414. В помещениях для хранения взрывчатых материалов можно устраивать окна для проветривания. Окна и наружные двери в магазинах должны открываться наружу, а внутренние двери — по направлению к выходу. Окна должны иметь с наружной стороны деревянные ставни, обитые железом по войлоку. Стекла в окнах должны быть замазаны мелом против проникновения лучей солнца.

§ 415. Двери в магазинах устраиваются деревянные, двухстворчатые двойные: из них наружные — сплошные, обитые железом по войлоку, а внутренние — решетчатые, служащие для проветривания. Ширина дверей должна составлять не менее 1,2 *м*, а высота не менее 2,1 *м*. Окна должны быть такого размера, чтобы освещение допускало чтение надписей на ящиках. В окнах должны быть железные прочные решетки. Оконные и дверные приборы должны быть бронзовые, латунные или из алюминиевых сплавов. При открывании дверей или окон нельзя допускать прямого действия солнечных лучей на взрывчатые вещества.

§ 416. Всякое помещение для взрывчатых материалов должно быть устроено так, чтобы оно могло хорошо вентилироваться, и должно быть защищено от проникновения сырости и воды.

§ 417. Помещения, предназначенные для хранения аммиачных взрывчатых веществ и порохов, должны обязательно иметь окна, расположенные на стороне, противоположной к выходу. Подполье должно проветриваться посредством отдушины в цоколе.

§ 418. Территория поверхностного склада должна быть обнесена проволочным ограждением высотой не менее 2 *м*. Расстояние ограждения от ближайшей стены склада должно быть не менее 40 *м*. В проволочной изгороди со стороны подъездного пути должны быть устроены ворота и калитка, запирающиеся на замок, ключ от которого должен находиться у дежурного сторожа.

Районом склада называется территория, ограниченная противопожарной (§ 459) канавой и включающая все строения склада и проволочную изгородь.

§ 419. Каждое здание магазина для хранения взрывчатых материалов на дневной поверхности должно состоять:

а) из передней, служащей для выдачи и развески взрывчатых веществ, и

б) из отделения для хранения взрывчатых материалов, в котором для размещения ящиков со взрывчатыми веществами должны быть устроены прочные деревянные нары или полки.

§ 420. В передней склада должны находиться маты для вытирания ног, деревянный, медный или чугунный молоток, медная или латунная отвертка для отвинчивания винтов, надежные деревянные лестницы для обслуживания полок и носилки для переноски ящиков со взрывчатыми веществами.

§ 421. В передней пороховых складов кроме указанных в § 420 предметов должна находиться войлочная или иная без железных гвоздей обувь для лиц, входящих в магазин.

§ 422. Полки в отделениях для хранения разрешается устраивать не более чем в 5 рядов одна над другой. Для укрепления полок разрешается применять только медные, латунные, бронзовые или из алюминиевых сплавов и деревянные гвозди и болты. Задвижки, крючки, болты, а также и прочие части дверей и затворов, как-то: пробои, петли, замки и т. п., должны быть медные, латунные, бронзовые или из алюминиевых сплавов.

§ 423. Пол и нары (полки) во всех помещениях должны содержаться в чистоте. Безусловно воспрещается оставлять просыпавшееся взрывчатое вещество или пыль его неубранными, а доски со следами просочившегося нитроглицерина должны быть немедленно удалены и уничтожены согласно § 680.

§ 424. Склады (магазины) для хранения взрывчатых материалов должны быть настолько просторны, чтобы хранящиеся в них ящики не были стеснены и могли проветриваться и чтобы их свободно можно было вносить и выносить. Ящики со взрывчатыми веществами должны ставиться на расстоянии не менее 20 *см* от стены (на таком же расстоянии должны быть расположены стеллажи от стены) и 7,5 *см* один от другого. Воспрещается ставить ящики непосредственно один на другие, а необходимо каждый ряд помещать на отдельную полку.

Расстояние между каждой парой полок должно быть таково, чтобы над поставленным на нижнюю из них ящиком со взрывчатыми материалами оставался зазор не менее чем 8 *см*. По ширине полки воспрещается ставить ящики более чем в один ряд. Ящики нужно ставить надписями наружу. Воспрещается ставить ящики на ребро и надписями вниз.

§ 425. Склады (магазины) для хранения взрывчатых материалов должны регулярно проветриваться. Летом проветривание производится путем открывания дверей и окон в сухую, ясную и тихую погоду. При приближении грозы, ветра, несущего песок и пыль, при дожде, тумане и пр. все окна и двери складов должны быть плотно закрыты.

Зимой проветривание возможно производить только в очень хорошую погоду. Не следует открывать окон и дверей, если внутренняя температура склада значительно ниже наружной, например ранней весной, так как в этом случае возможно увеличение влажности в помещении.

§ 426. Для постоянного наблюдения за температурой склада внутри его должен иметься термометр, а для определения влажности помещения внутри складов III и IV классов должен иметься психрометр или гигрометр. Заведующий складом должен вести регулярную посуточную запись температуры и влажности.

§ 427. В магазине и других помещениях для хранения взрывчатых материалов, а также в границах их ограждений воспрещается пребывание и вход с открытым огнем или же курение табака, о чем должны быть вывешены (как при входе в район склада, так и на отдельных зданиях) соответственные надписи на русском языке, а если общеупотребительным среди рабочих является другой язык, то также и на этом языке.

§ 428. Для освещения помещения взрывчатых материалов допускаются как переносные, так и постоянные источники света. Переносными источниками света могут быть электрические аккумуляторные и предохранительные бензиновые лампы. В качестве постоянного источника света может применяться только электрическое освещение, причем лампы должны быть заключены в герметическую арматуру, состоящую из прочного стеклянного колпака, покрытого металлической сеткой. Выключатели должны находиться в запирающихся на замок стенных шкафчиках, помещенных вне магазина, у его входных дверей; провода должны быть покрыты гупперовской изоляцией и заключены в металлические трубки. Проводка должна быть наружная.

§ 429. Лицам в нетрезвом виде вход на территорию склада безусловно воспрещается.

§ 430. Входить в отделение, где хранятся взрывчатые вещества, могут только те лица, которые несут ответственность за хранение и расходование взрывчатых материалов, а также лица горнотехнической инспекции, администрация предприятия и те из рабочих, которые заняты переноской взрывчатых материалов. Упомянутые лица могут входить в склад только в сопровождении заведующего складом или его заместителя.

§ 431. При входе в магазин, где хранится черный порох, следует одевать войлочную или другую обувь без железных гвоздей.

§ 432. В склады или другие помещения для хранения взрывчатых материалов воспрещается входить с огнестрельным оружием, вносить металлические вещи (кроме указанных в § 420) и хранить в них кроме взрывчатых материалов какие-либо другие предметы.

§ 433. В магазинах и других помещениях, в которых хранятся взрывчатые материалы, не должны производиться какие-либо работы, кроме сдачи и приема взрывчатых материалов.

§ 434. Для переукупорки ящиков со взрывчатыми веществами должен быть устроен вне валов склада навес на расстоянии не менее 25 *м* от стен помещения.

§ 435. Воспрещается перевозить взрывчатые материалы на тачках в складе или вне его при каких бы то ни было нагрузках и выгрузках, а также бросать ящики с взрывчатыми материалами или перекатывать (кантовать) и волочить их по полу или по земле.

Эти ящики должны переноситься на руках или на носилках.

§ 436. При необходимости ремонта строения склада или его оборудования последние должны освобождаться от взрывчатых материалов.

з) Устройство валов вокруг складов

§ 437. Склады II, III и IV классов, назначенные для хранения свыше 75 *кг* взрывчатых веществ, 100 *кг* дымного пороха и 250 *кг* аммиачно-взрывчатых веществ, построенные на открытом месте таким образом, что верх их или сделанная на них насыпь возвышается над уровнем земли, должны быть обнесены кругом земляным валом. Склады же, построенные в оврагах и отвалах, должны иметь валы с открытых сторон.

Для входа в огражденное валом пространство должен быть устроен в валу перерыв или отверстие, перед которым должен быть возведен отдельный защитный вал на расстоянии не менее 90 *см* между основаниями защитного и основного валов. Высота защитного вала должна быть на 90 *см* выше перерыва или отверстия.

Высота валов должна быть на 50 *см* выше верха сделанной на складе насыпи или конька крыши его. Ширина валов вверху должна быть не менее 90 *см*. Валы должны иметь такие откосы, которые обеспечивали бы от оплывания и обсыпания. У основания своего валы должны отстоять от стен склада не менее чем на 90 *см*, причем между валом и складом должны быть сделаны водоотводные каналы с выводом их за пределы валов и в случае необходимости — дренажные каналы.

и) Общие положения об устройстве подземных магазинов

§ 438. Хранить все вообще взрывчатые материалы внутри рудников или копей разрешается только в особо устроенных магазинах, емкость которых не должна превышать емкости поверхностных складов II класса (т. е. могут вмещать до 250 *кг* взрывчатых веществ I группы, или до 500 *кг* взрывчатых веществ III группы), и не иначе, как при соблюдении требований §§ 439—446 настоящих Правил.

В случае необходимости хранить внутри рудника или копи взрывчатые материалы в количествах, превышающих приведенные выше нормы, разрешается доводить емкость подземного склада до размера III класса за исключением газовых рудников.

В газовых рудниках надо в таких случаях устраивать два магазина, удаленных один от другого на расстояние не менее 500 *м* по простиранию. Для устройства второго склада необходимо предварительно представить местному горнотехническому инспектору план выработок с отмеченным расположением общих складов и указанием направления вентиляционных струй.

к) Устройство и содержание подземных магазинов

§ 439. Каждый магазин для хранения взрывчатых материалов внутри рудника или копи должен состоять из трех помещений: одного, служащего для хранения взрывчатых веществ, другого—для хранения капсюлей, детонирующего и бикфордова шнуров, электродетонаторов или электропальников, и третьего — для раскупорки и выдачи взрывчатых материалов.

§ 440. Помещение для хранения принадлежностей для взрывания должно быть отделено от помещения, где хранятся взрывчатые вещества, огнестойкой стеной толщиной не менее 25 *см.*

§ 441. Расположение магазинов взрывчатых веществ, находящихся внутри копи или рудника, должно отвечать следующим условиям:

а) Расстояние магазина до ствола шахты, подземных резервуаров, насосной и других машинных камер, депо электровозов, различных машинных установок и пр. должно быть не менее 60 *м* для магазинов I и II классов и не менее 100 *м* для III класса.

б) Магазины должны быть отделены от ближайших выработок, служащих для постоянного прохода людей, целиком не менее 25 *м.*

в) Магазины должны отстоять возможно дальше от вентиляторов и вентиляционных дверей вообще и в особенности от таких вентиляционных дверей, разрушение которых могло бы лишить свежего воздуха весь рудник или копь или же значительные участки их, особо нуждающиеся в правильной вентиляции.

г) Магазины не должны находиться в непосредственном сообщении с перечисленными выработками, а должны соединяться с ними посредством выработок, состоящих не менее как из трех колен, образующих друг с другом прямые углы. При этом каждое колено соединительных выработок должно иметь поперечное сечение площадью не менее 4—5 $м^2$ и оканчиваться тупиками длиной каждый не менее 2 *м.*

д) Выработки, соединяющие помещение для выдачи взрывчатых материалов с действующими выработками, должны быть устроены так, чтобы рабочие, получившие взрывчатый материал, не встречались с рабочими, отправляющимися за получением.

е) Расстояние магазина от поверхности допускается для магазинов III класса 30 *м*, II класса — 20 *м* и IV класса — не менее 20 *м.*

§ 442. Материалом для крепления в указанных в § 439 магазинах и помещениях может служить кирпич штукатуренный или бетон. Допускается деревянное торкретированное, пропитанное или оштукатуренное крепление. В стенах склада необходимо устраивать каналы для достижения сухости помещения.

§ 443. Раскупорка ящиков со взрывчатыми материалами и выдача этих материалов должны производиться только в помещении для выдачи, куда ящики с указанными материалами и приносятся в нераскупоренном виде.

Для скрепления стола, помоста или полок, устроенных в помещениях для выдачи, разрешается применять только медные, латунные, деревянные и тому подобные гвозди и болты.

Задвижки, крючки, болты, а также и прочие металлические части дверей и затворов, как-то: пробои, петли, замки и т. п., должны быть медные, латунные, бронзовые или из алюминиевых сплавов.

§ 444. Пол в помещении для выдачи, а также стол, помост, стеллажи или полки должны содержаться в чистоте, а просыпавшееся взрывчатое вещество и пыль его должны немедленно убираться в специальные сосуды или ящики, которые должны ежедневно выдаваться на поверхность и уничтожаться согласно § 680.

§ 445. В помещении для выдачи должны иметься деревянный, медный или латунный молоток, медная или латунная отвертка для отвинчивания винтов и носилки для переноски ящиков со взрывчатыми веществами. Как в это помещение, так и в помещения для хранения разрешается входить только с предохранительными лампочками или электрическими аккумуляторными лампами и притом только лицам, которым вверена выдача взрывчатых веществ, и рабочим, занятым при транспорте этих веществ.

§ 446. В случае надобности хранить в подземном магазине взрывчатые вещества, принадлежащие к разным группам, надлежит руководствоваться следующим:

а) Вещества I и III групп могут храниться в одном помещении при условии разделения их каменной глухой стеной не менее 25 *см* толщины. Оба отделения должны иметь общий коридор, из которого устроены выходы в эти отделения.

б) Над каждым помещением должна находиться четкая надпись с обозначением материалов, которые хранятся в нем.

в) Наличие в складах особых отделений для помещения в них взрывчатых веществ I, II и III групп обязательно только для вновь устраиваемых складов. Существующие склады подлежат переустройству в соответствии с требованиями настоящих Правил в годичный срок со дня опубликования настоящих Правил.

л) Охрана поверхностных и подземных складов и надзор за ними

§ 447. Склады и другие помещения для хранения взрывчатых материалов как находящиеся на дневной поверхности, так и в рудниках и копях должны запираться на замок. Ключ должен храниться у заведующего складами. На наружной стороне дверей складских помещений должна иметься крупная и отчетливая надпись: **„Осторожно“, „Взрывчатый материал“**, сделанная на русском языке, а если общеупотребительным среди рабочих является другой язык, то также и на этом языке.

§ 448. Для наблюдения за целостью зданий складов для хранения взрывчатых материалов как поверхностных, так и подземных должна находиться постоянная охрана из дисциплинированных лиц не моложе 21 года, преимущественно служивших в РККА, снабженная огнестрельным оружием на поверхности и холодным при подземных магазинах.

§ 449. В складах III и IV классов обязательна телефонная связь между складом и пунктом, где находится постоянное дежурство. В прочих помещениях для хранения взрывчатых материалов как поверхностных, так и подземных устройство телефонной связи не обязательно.

§ 450. В складах (магазинах), в которых допускается отсутствие телефонной связи, должна быть устроена обратная звонковая сигнализация от склада до дежурного пункта.

§ 451. Все сигнальные и телефонные устройства при складах (магазинах) для хранения взрывчатых материалов должны помещаться вне склада на расстоянии не менее 2 *м* от входной двери склада.

Телефонные и сигнализа[illegible]онные устройства в газовых шахтах должны быть устроены так, чтоб[illegible]ни не могли служить причиной взрыва гремучего газа.

§ 452. Кроме [illegible]азанной в §§ 449 и 450 сигнализации для подачи сигнала о тревоге у склада должен быть установлен колокол.

§ 453. Часовой охраны или сторож, охраняющий склад, должен находиться при складе безотлучно и обходить границы зданий склада днем и ночью. При разбросанной территории склада число сторожей (хотя бы на ночное время) должно быть увеличено.

§ 454. Для заведывания складами, для хранения взрывчатых материалов должны назначаться рудничной администрацией лица не моложе 21 года, имеющие право технического руководства горнопромышленными предприятиями.

§ 455. На обязанности заведующего складом или его заместителя лежит хранение ключей от склада, поверка целости взрывчатых материалов в каждую смену, испытание их, наблюдение за выполнением установленных правил хранения, размещения, приема и выдачи учета взрывчатых материалов, наблюдение за перекупоркой, за состоянием окружающей склад местности и поверка правильного несения сторожами службы по охране склада.

§ 456. Не реже одного раза в год комиссия в составе представителей администрации и горнотехнической инспекции должна проверять все здания (помещения) склада и технических служб в отношении состояния построек и соблюдения условий безопасного хранения взрывчатых материалов. Об этом должен быть составлен соответствующий акт.

м) Противопожарная охрана поверхностных складов

§ 457. При устройстве склада и лежащих близ него служебных помещений, как-то: помещений для охраны поверхностных складов или выработок (соединительных ходов) при подземных складах должны быть приняты соответствующие меры для предохранения от возникновения огня как в самом складе, так и вблизи него.

§ 458. Все лица, входящие в район склада, должны быть опрошены согласно §§ 427 и 432 сторожем или часовым, нет ли при них спичек или зажигательных принадлежностей и огнестрельного оружия. При наличии этих предметов они должны быть отобраны для временного хранения у сторожа и возвращения при уходе данных лиц с территории склада.

§ 459. Во избежание опасности от напольных и лесных пожаров район поверхностного склада должен быть окружен достаточно широкой и глубокой канавой, отстоящей от склада на 50 *м*. Вся площадь между канавой и складом должна быть тщательно освобождена от деревьев, зарослей сухой травы, хвороста и других легко воспламеняющихся материалов. Полоса местности, окружающая территорию склада шириной 100 *м*, должна быть освобождена от хвойных деревьев и всяких легко воспламеняющихся предметов. В летнее время все дороги на территории склада, водоотводные канавы и водоемы должны быть в полной исправности. В зимнее время дороги на территории склада должны быть всегда расчищены, снег с крыш регулярно должен сбрасываться, а от входов и стен откидываться.

Хранение хотя бы и кратковременное в помещениях склада или около ящиков и вообще укупорочного материала воспрещается. Пустые ящики от укупорки должны складываться вне склада на расстоянии не менее 10 *м* за проволочным ограждением.

§ 460. Освещение территории складов должно быть по возможности электрическое. В крайнем случае допускается освещение керосино-калильное или при помощи керосиновых ламп в исправных закрытых фонарях при условии, что как керосино-калильные, так и керосиновые лампы будут отстоять от ограды склада не ближе 10 *м* и от ближайшего хранилища не ближе 50 *м*.

§ 461. При устройстве электрического освещения на территории склада должны соблюдаться все существующие по этому вопросу правила. Состояние электрической сети должно периодически контролироваться. Какие бы то ни было переделки и изменения в устройстве сети должны производиться не случайными людьми, а обязательно специалистами.

§ 462. Все склады должны быть снабжены достаточным количеством противопожарных средств, необходимых для подачи первоначальной помощи на случай пожаров в виде ручных незамерзающих огнетушителей, бочек с водой, ящиков с песком, нескольких ведер, лестниц, топоров, багров и пр.

§ 463. Огнетушители должны храниться на видном месте у самого склада, а также внутри склада (в помещении для выдачи). Персонал охраны должен быть хорошо знаком с устройством огнетушителей и способом их применения. Над огнетушителями должны быть вывешены правила пользования ими.

Бочки должны быть наполнены водою, а около них всегда находиться ведра, которые не разрешается применять ни для каких других кроме пожаров целей.

Бочка с водой должна храниться также и в караульном помещении.

§ 464. Для хранения всех остальных противопожарных принадлежностей (кроме огнетушителей, бочек и ведер) при поверхностных складах необходимо устраивать в расстоянии от здания склада не менее 25 *м* небольшой пожарный навес, а при подземных складах для этой цели может быть приспособлена одна из соединительных выработок, расположенных на струе падающего в склад свежего воздуха.

Эти принадлежности должны находиться на названных местах и содержаться все время в полном порядке.

§ 465. Ко всем естественным водоемам и выставленным бочкам с водой должны быть устроены удобные подъезды с площадками для установки пожарных руковов.

§ 466. В зимнее время все пожарные приборы, содержащие воду и находящиеся в таких местах, где температура падает ниже нуля, опоражниваются, а огнетушители заряжаются незамерзающими зарядами.

§ 467. На обязанности заведующего складом лежит наблюдение за исправным состоянием всех предметов пожарной охраны и за строгим выполнением всех установленных мер предосторожности.

Заведующий складом совместно с лицами, ведающими противопожарной охраной данного предприятия, разрабатывает инструкцию на случай пожара и правила пожарной охраны склада. Эта инструкция и правила должны быть напечатаны крупным шрифтом и вывешены при входе в район склада, на самом складе и в помещении дежурных сторожей или их общежитиях. Администрация должна проверять, хорошо ли они известны персоналу охраны и обучать последний простейшим приемам тушения пожара, а также проводить учебные тревоги.

§ 468. Отапливаемые здания, находящиеся вблизи территории склада, должны иметь на трубах приспособления для улавливания искр.

§ 469. При первых же признаках пожара в самом складе или по соседству с ним охрана немедленно должна принять меры к тушению пожара и вызвать посредством существующей в складе сигнализации пожарную помощь заведующего складом.

§ 470. При возникновении огня на территории склада или внутри помещения борьба с пожаром должна заключаться в недопуске огня к ящикам взрывчатых веществ, в заливании ящиков или огня водою или забрасыванием песком и вообще в использовании всех противопожарных средств для локализации огня с подачей сигналов о пожаре.

§ 471. При невозможности бороться с огнем, когда последний захватил ящики с взрывчатыми веществами (особенно капсюлями, электродетонаторами, динамитом, аммиачными взрывчатыми веществами в металлических гильзах и пр.), люди немедленно должны быть удалены на безопасное расстояние.

§ 472. После каждого пожара все противопожарные принадлежности должны быть немедленно приведены в порядок, ручные огнетушители вновь заряжены и все предметы должны быть возвращены на свои места.

§ 473. О каждом случае пожара на складе взрывчатых материалов, независимо от его исхода, необходимо немедленно сообщать местной горнотехнической инспекции и органам ГПУ.

§ 474. Порядок устройства громоотводов для помещений со взрывчатыми материалами и наблюдения за их исправностью определяются прилагаемой инструкцией (приложение 9).

н) Хранение капсюлей-детонаторов и шнуров.

§ 475. Капсюли-детонаторы (электродетонаторы) и шнуры должны храниться в отдельных от взрывчатых веществ запертых помещениях под ответственностью тех же лиц, которые заведуют хранением взрывчатых веществ.

Указанные помещения должны быть расположены на расстоянии не менее 25 *м* от помещения для хранения взрывчатых веществ, а сами здания должны удовлетворять требованиям §§ 410 и 412 и должны быть обнесены земляным валом.

Капсюли должны сохраняться в прочных и замкнутых ящиках.

§ 476. Совместное хранение капсюлей-детонаторов (электродетонаторов) с взрывчатыми веществами всех трех групп разрешается на следующих условиях:

а) Общее количество находящихся в складе капсюлей-детонаторов и электродетонаторов не должно превышать 5 000 штук.

б) Помещение для хранения капсюлей должно быть отделено от помещения взрывчатых веществ огнестойкой стеной толщиной не менее 15 *см*.

§ 477. Капсюли-детонаторы, электродетонаторы в общем количестве не более 5 000 штук разрешается хранить на самом руднике или копи в особом нежилом сухом, неотапливаемом помещении, в особом запертом на ключ шкафу, с соблюдением мер предосторожности от ударов и падения.

Вместе с капсюлями могут храниться не более 1 000 штук электрозапалов, 30 кругов бикфордова шнура и 500 *м* детонирующего шнура.

§ 478. Электрозапалы (без капсюлей-детонаторов) должны храниться в отапливаемых сухих помещениях.

§ 479. Ящики с капсюлями должны храниться на полках, покрытых войлоком и поверх него обитых брезентом.

§ 480. Воспрещается установка ящиков с капсюлями против окон.

§ 481. При переучете капсюлей и при всяком вынимании их из ящиков они должны выкладываться на разостланное сукно, войлок или брезент или же на стол, обитый сукном с закраинами.

§ 482. Капсюли с налетами на поверхности гильз, а также со значительными помятостями, могущими затруднять введение шнура, подлежат уничтожению как негодные для использования с соблюдением установленных Правил (§ 679).

4. Испытание взрывчатых материалов на горнопромышленных предприятиях

а) Общие положения

§ 483. Настоящие Правила применяются для определения степени пригодности различных взрывчатых материалов, находящихся на горнопромышленных предприятиях и вызывающих по какой-либо причине сомнения в своей доброкачественности, например при отмочке или отогревании, при долговременном хранении и т. п.

Настоящие Правила применяются исключительно для контрольной проверки на горнопромышленных предприятиях. Эти Правила не могут применяться при приемке взрывчатых материалов на заводах, где они изготовляются. Такая приемка производится на заводах специальными приемщиками (инспекторами-контролерами) Главной горнотехнической инспекции НКТ СССР.

§ 484. Все испытания, предусмотренные в настоящих Правилах, должны производиться совместно с заведующим складом взрывчатых материалов предприятия и представителем рудоуправления, а также, если это представляется возможным, и соответствующим горнотехническим инспектором НКТ.

§ 485. По каждому испытанию составляется акт с указанием номера партии испытанных взрывчатых материалов, номера накладной или ящика и результатов испытания.

Указанный акт отправляется соответствующему горнотехническому инспектору или лицу, его заменяющему, для принятия дальнейших мер.

б) Капсюли

§ 486. Испытание капсюлей производится методом пробивания свинцовых пластинок и проводится в порядке, указанном в §§ 487—490.

§ 487. На отрезе железной трубы диаметром 40 *мм* и высотой около 50 *мм* с ровными обклеенными краями накладывается пластинка из листового свинца размером 40 × 40 *мм* и толщиной 4–5 *мм*.

В центре пластинки устанавливается вертикально, при помощи какой-либо поддержки, испытуемый капсюль, который затем взрывается бикфордовым шнуром или электрическим воспламенением.

Хороший доброкачественный капсюль должен при этом пробивать свинцовую пластинку (не вытягивая ее в воронку с образованием круглого сквозного отверстия), а на поверхности ее должны остаться равномерно распределенные радиальные лучи, выбитые мельчайшими частичками гильзы, обращенной при детонации капсюля в пыль.

Если же капсюль неудовлетворителен, то лучи на пластинке состоят из отдельных радиально расположенных выбоин, заключающих в себе нередко кусочки оболочки капсюля.

§ 488. Для производства испытания все подлежащие испытанию капсюли разделяются на партии по 1 000 капсюлей в каждой. Из каждой партии в 1 000 штук подвергается испытанию 2% капсюлей, но во всяком случае не менее 10 штук, независимо от размера испытуемой партии.

§ 489. Партия капсюлей считается выдержавшей испытание в том случае, если подвергшиеся испытанию капсюли дали не более 10% неудовлетворительных результатов от числа произведенных взрывов.

Если какой-либо капсюль не взорвется из-за неисправности шнура или электрического воспламенения, он должен быть заменен другим капсюлем из этой же партии.

В случае если при испытании получается более 10% неудовлетворительных результатов от числа произведенных взрывов, испытание повторяется с двойным количеством образцов. Если при этом вновь получается более 5% неудовлетворительных результатов, то партия бракуется.

При получении неудовлетворительных результатов испытания капсюли признаются негодными для употребления и назначаются для уничтожения.

§ 490. Акт испытания капсюлей (§ 485) отправляется с приложением свинцовых пластинок, служащих для данного испытания.

в) Электрические запалы без детонаторов

§ 491. При наружном осмотре электрических запалов без детонаторов следует проверить: 1) прочно ли удерживаются шнуровые провода в гильзах запала и 2) не выпали ли у них пробки.

§ 492. Запалы с выпавшими пробками подвергаются испытанию в порядке, указанном в §§ 493 — 495.

§ 493. При испытании электрических запалов с мостиком накаливания (без детонаторов) необходимо:

а) проверить сопротивление запалов и рассортировать их в группы с одинаковыми сопротивлениями (в пределах 0,05 Ω);

б) обнаружить негодные запалы;

в) проверить, не отсырело ли легко воспламеняющееся вещество запала.

§ 494. Первые два испытания производятся при помощи омметра или другого электроизмерительного прибора. Этим испытаниям должны подвергаться все без исключения запалы перед расходованием.

§ 495. Для третьего испытания из всех запалов с выпавшими пробками отбирается 2% и во всяком случае не менее 10 штук, независимо от размера испытуемой партии.

Партия считается высушенной и годной, если все отобранные запалы воспламеняются.

г) Электрические запалы с детонаторами (электродетонаторы)

§ 496. При наружном осмотре электродетонаторов следует, отнюдь не выдергивая проводов из детонаторов, проверить, прочно ли удерживаются в гильзе запала шнуровые провода.

§ 497. При испытании электродетонаторов необходимо:

а) проверить сопротивление запалов и рассортировать их в группы с одинаковыми сопротивлениями, допуская интервал в 0,05 Ω;

б) обнаружить негодные запалы;

в) проверить доброкачественность самих капсюлей.

§ 498. Первые два испытания (§ 497) производятся при помощи омметра или другого электроизмерительного прибора. Этим испытаниям должны подвергаться все без исключения запалы перед расходованием.

§ 499. Последнее испытание состоит в определении количества осечек, происходящих вследствие негодности капсюлей при воспламенении исправных запалов.

§ 500. Испытание электродетонаторов на свинцовой пластинке производится способом, изложенным в §§ 487—490, 501 и 502.

§ 501. Для производства испытаний все подлежащие испытанию капсюли разделяются на партии по 1000 штук, из числа которых подвергаются испытанию 2% капсюлей, но во всяком случае не менее 10 штук, независимо от размера испытуемой партии.

§ 502. Партия капсюлей считается выдержавшей испытание в том случае, если подвергавшиеся испытанию капсюли дали не более 10% неудовлетворительных результатов от недоброкачественности электрических приспособлений или недоброкачественности капсюлей.

§ 503. Электродетонаторы, назначенные для употребления в сырых местах, независимо от испытаний, указанных в §§ 496 — 502, подвергаются также испытанию на водонепроницаемость. Детонаторы этого рода в количестве 2% от общего числа их, прежде чем подвергнуться испытанию на взрываемость, кладутся в воду на один час и затем испытываются в порядке, указанном в §§ 496 — 502 на исправность действия капсюля и электрических приспособлений. В случае получения при этом неудовлетворительных результатов такая партия электродетонаторов не допускается к употреблению в сырых местах.

д) Бикфордов шнур

§ 504. По наружному осмотру бикфордов шнур должен иметь свежий вид и не должен иметь переломов и следов подмочки.

§ 505. Подлежащий испытанию запас бикфордова шнура разбивается на партии по 900 кругов. Из каждой партии берется 2% кругов, но во всяком случае не менее 9 кругов.

§ 506. В случае, если при испытании на скорость горения окажется, что свыше 33% образцов шнура имеют скорость горения более 66 секунд или менее 54 секунд, партия признается негодной для работы на горнопромышленных предприятиях.

Примечание. Нормальная скорость горения бикфордова шнура установлена в 60 секунд для отрезка в 610 *мм*.

§ 507. Если партия шнура оказалась удовлетворительной по скорости горения, то она в дальнейшем испытывается на полноту горения.

Для этой цели из взятых на испытание на скорость горения кругов шнура отбирается 25%, но не менее 5 кругов. Эти круги сжигаются целиком, причем отмечается число кругов, не догоревших до конца. Если таких кругов окажется более 20% всего количества шнура, взятого для испытания, то испытание повторяется. Если неудовлетворительных кругов окажется более 10% от числа подвергшихся испытанию, то партия шнуров признается негодной для горнопромышленных предприятий.

§ 508. Специальные сорта водонепроницаемого бикфордова шнура, независимо от испытаний, указанных в §§ 504 — 507, подвергаются также испытанию на водопроницаемость.

Для этой цели берутся все образцы шнура, оставшиеся после испытаний, указанных в §§ 504 — 507. Концы их тщательно залепляются, и они погружаются в воду на глубину около 0,5 *м* на два часа для гуттаперчевого шнура и на один час для асфальтированного шнура. По истечении указанных сроков образцы шнура вынимаются из воды, концы их обрезаются, и они испытываются на скорость и полноту горения путем сжигания их целиком. Скорость и полнота горения должны быть такими же, как и в шнуре, не бывшем в воде. В противном случае партия шнура признается непригодной для работ в сырых местах.

§ 509. Партия бикфордова шнура, признанная негодной для работ на горнопромышленных предприятиях, назначается для уничтожения.

е) Взрывчатые вещества с нитроглицерином

§ 510. Для определения состояния взрывчатых веществ с нитроглицерином применяются наружный осмотр и испытание на взрываемость.

§ 511. Для наружного осмотра подлежащих испытанию взрывчатых веществ отбирается от каждого сорта 5% ящиков, но во всяком случае не менее 5 ящиков. Из каждого ящика берется по одной коробке.

§ 512. При наружном осмотре проверяется наличие следующих условий:

а) укупорка (ящика, коробки и патронов) должна соответствовать укупорке, установленной для рассматриваемого сорта взрывчатого вещества;

б) патроны должны быть целые и оболочка их не нарушенной;

в) на оболочке патрона с наружной стороны не должно быть признаков эксудации нитроглицерина;

г) при разворачивании патронов заключающееся в них взрывчатое вещество не должно показывать каких-либо признаков разложения или слеживания (по запаху, цвету и т. п.).

При неудовлетворительном результате наружного осмотра партия взрывчатых веществ признается негодной для работы на горнопромышленных предприятиях.

§ 513. Для испытания на полноту детонации берется из каждой коробки отобранных для испытания взрывчатых веществ каждого отдельного сорта по 3 патрона.

§ 514. Испытание исследуемых патронов взрывчатых веществ на полноту детонации производится в порядке, указанном в §§ 515 — 523.

§ 515. Из 93- и 83-процентных динамитов — по 5 патронов динамита с оторванной от концов оболочки кладутся впритык друг к другу, а из 62-процентных студенистых динамитов — первые два патрона кладутся впритык, третий на расстоянии 1 *см*, четвертый — на расстоянии 2 *см* и пятый — на расстоянии 3 *см* от четвертого. В указанном порядке патроны раскладываются на железный лист толщиной в 1 *мм*. Лист этот кладется на деревянную доску толщиной в 25 — 35 *мм*. Ширина железного листа и доски должна приблизительно равняться утроенному диаметру патрона.

§ 516. Испытания производятся с теми капсюлями, какие применяются обычно в данном руднике.

§ 517. При испытании должны иметь место полная детонация, и на железном листе не должны быть обнаружены следы (остатки) динамита.

§ 518. Если есть основание считать подлежащий испытанию динамит замерзшим, то он предварительно должен быть нагрет до 25°, до полного оттаивания, с соблюдением установленных для этой работы правил, и затем помещен в деревянный ящик, защищенный войлоком от остывания при доставке динамита на отведенное для опытов место (93-процентный динамит, детонирующий значительно труднее, может иногда, особенно в холодное время года, давать неполные взрывы).

§ 519. В случае отказа (в числе не более 2 патронов) следует окончательно убедиться в полной детонации такой партии, поместив патроны с теми же интервалами, с какими они располагаются на железном листе, в отрезок газовой трубы диаметром 32 *мм*, длиной, равной длине испытуемого заряда. Указанный отрезок трубы должен быть открыт с двух сторон (без засыпки головного и хвостового патрона). При полной детонации в этих условиях следует считать обеспеченной надежность взрыва также и в условиях паления шпуров на рудниках.

§ 520. Испытание, указанное в §§ 515 — 519, повторяется три раза.

§ 521. В случае неполного взрыва или недостаточной передачи детонации испытание повторяется 6 раз.

Если при этом вновь получаются неудовлетворительные результаты, то партия взрывчатых веществ бракуется.

§ 522. 29- и 11-процентные гризутины испытываются, как 62-процентные студенистые динамиты.

§ 523. Партия взрывчатых веществ, признанная негодной для работы на горнопромышленных предприятиях, назначается для уничтожения.

5. Выдача взрывчатых материалов

а) Общие правила

§ 524. Выдача взрывчатых материалов из складов должна производиться заведующим или его заместителем с соблюдением установленных мер предосторожности и при условии наблюдения за тем, чтобы партии взрывчатых материалов соответствующих сортов расходовались в порядке поступления их на склад.

Раскупоренные при выдаче ящики, не вполне опорожненные от взрывчатых материалов, перед переноской их в отделение для хранения должны быть вновь закрыты крышками.

§ 525. Взрывчатые материалы должны выдаваться на руки только лицам, назначенным для выполнения взрывных работ (зарядчикам или запальщикам), которые ничем другим кроме зарядки и паления на производстве не занимаются.

При этом должны соблюдаться следующие правила:

а) лицо, получающее взрывчатые материалы, должно представить от заведующего рудником удостоверение, в котором должна быть указана квалификация запальщика или зарядчика;

б) то же лицо обязано представить письменное требование на выдачу взрывчатых материалов. Это требование остается у выдающего взрывчатые материалы.

Запальщики, которым выдаются на руки взрывчатые материалы, должны быть не моложе 21 года. Выдача взрывчатых материалов лицам в нетрезвом виде воспрещается.

б) Хранение выданных взрывчатых материалов на местах работ

§ 526. Выданные для употребления на подземных работах взрывчатые материалы должны храниться во время работы в сумках или цинковых ящиках (§ 385) в безопасных, удаленных от рабочих забоев местах, по указанию лиц, ответственных за ведение взрывных работ.

В открытых работах суточный запас взрывчатых материалов, полученных запальщиком, должен храниться в специальных ящиках, запираемых на ключ и помещенных в укрытые и безопасные места. Ящики не должны оставляться без надзора.

Для капсюлей-детонаторов и бикфордовых шнуров, соединенных с капсюлями-детонаторами в ящике должно быть сделано особое отделение.

§ 527. Неизрасходованные в течение одной смены взрывчатые вещества и бикфордовы шнуры, соединенные с капсюлями-детонаторами вместе с употребляемыми для их переноски и хранения сумками, должны по окончании смены возвращаться к лицу, производящему выдачу этих предметов, если в них не предвидится дальнейшей надобности. При этом патроны, капсюли и указанные соединения должны сдаваться по счету. Если же в данных материалах предвидится надобность в течение следующей рабочей смены сдающего, то они могут быть оставлены на временное хранение в особых, для этой цели отведенных помещениях, без производства проверки количества остатков.

Помещения для временного хранения взрывчатых материалов в подземных магазинах устраиваются с соблюдением следующих условий:

а) оставленные на временное хранение в этом помещении взрывчатые материалы должны помещаться (без вынимания из сумок) в шкафу в особых, запирающихся на замок ящиках, индивидуальных для каждого запальщика, у которого и хранится ключ от его ящика;

б) если выданные для употребления взрывчатые материалы хранятся запальщиками во время их переноски и работы в особых сумках для взрывчатых веществ и особых для капсюлей и шнуров, то в каждом индивидуальном ящике для запальщиков должно быть два самостоятельных отделения для помещения в одном из них сумки со взрывчатыми веществами и в другом сумки с капсюлями и шнурами.

Указанное помещение при подземных магазинах для хранения взрывчатых материалов должно быть расположено так, чтобы магазин отделялся от помещения для временного хранения взрывчатых материалов небольшим коридором (выработкой примерно в $1^{1}/_{2}$ - 2 *м* длиной), вход в который запирается на замок, причем ключ от этого замка хранится у заведующего магазином.

§ 528. Воспрещается уносить с собой с рудника или копи взрывчатые вещества и принадлежности для взрывания.

в) Учет взрывчатых материалов

§ 529. На каждом горном предприятии приход и расход взрывчатых материалов должен записываться в шнуровые книги, скрепляемые местной горнотехнической инспекцией.

§ 530. Горные предприятия обязаны вести две шнуровых книги по прилагаемым формам (приложение 10 и 11), из которых одна, общая по складу, служит для записывания отпуска взрывчатых материалов на рудники, снабжаемые из этого склада, а другая — для записывания таких же материалов, отпущенных для работ в данном руднике. В этой последней книге подробно должны отмечаться имена и фамилии лиц, которым выданы указанные материалы, а также количество и род выданных каждому из них и возвращенных материалов.

§ 531. Немедленно по прибытии на рудник транспорта со взрывчатыми материалами последние должны быть помещены в склад, приняты заведующим складом и внесены в шнуровую книгу для взрывчатых материалов.

§ 532. Горные предприятия или же лица, ими на то уполномоченные, обязаны не менее двух раз в месяц проверять наличие взрывчатых материалов, хранящихся в их складах, и свидетельствовать о том своими подписями гах. При такой проверке не требуется раскупоривать непочатые ящики, заключающие в себе определенное количество материалов, а достаточно удостоверить их число и наружную целость.

Горные предприятия обязаны заявлять горнотехнической инспекции о лицах, уполномоченных для производства указанной проверки.

§ 533 Горные предприятия обязаны по истечении каждых трех месяцев представлять горнотехнической инспекции выписки из книг с показанием прихода, расхода и остатка имеющихся в принадлежащих им складах взрывчатых материалов, с указанием добытого этими материалами полезного ископаемого по прилагаемой форме (приложение 11).

§ 534. Горнотехнический инспектор при посещении горных предприятий проверяет в случае надобности наличные запасы взрывчатых материалов и кроме того, если имеются сомнения в качестве материалов, отбирает контрольные пробы этих материалов и отправляет их через администрацию предприятия для проверки доброкачественности в соответствующие лаборатории или учреждения.

6. Взрывные работы в негазовых шахтах и при открытых работах

а) Общие правила

§ 535. Как при подземных, так и при открытых работах применение замерзших нитроглицериновых взрывчатых веществ для взрывных работ воспрещается. Замерзшие патроны не могут выдаваться рабочим прежде, чем они будут оттаяны.

Оттаивание замерзших нитроглицериновых составов должно производится согласно §§ 617 — 628.

§ 536. Если допущенное предприятием нарушение правил, указанных в § 535, повлекло за собой много несчастных случаев, окружному органу труда предоставляется право независимо от привлечения виновного в несчастном случае к ответственности обязать это предприятие перейти на применение трудно замерзающих динамитов или таких взрывчатых веществ, которые безопасны при низкой температуре.

§ 537. Изготовление боевых патронов, заряжание шпуров и паление их может быть поручено только рабочим, теоретически и практически знакомым со свойствами взрывчатых материалов и умеющим производить взрывные работы. Лица эти обязательно должны выдержать специальное испытание в комиссии с участием горнотехнического инспектора, представителей администрации и профорганизации и получить удостоверение на право занятия должности запальщика (право самостоятельного паления).

Все материалы и принадлежности для взрывания рабочие должны получать исключительно от управления предприятия.

§ 538. Не допускается производство взрывных подземных работ по пустой породе и по углю на расстоянии менее 20 *м* от подземных складов для хранения взрывчатых материалов. Если место производства взрывных работ находится на расстоянии менее 100 *м* от складов, то при палении должны соблюдаться следующие меры предосторожности:

а) максимальный вес одновременно взрываемых зарядов не должен превышать 20 *кг*; в отдельных случаях разрешается эту норму увеличить по согласованию с горнотехнической инспекцией;

б) во время паления ящики и коробки с взрывчатыми материалами, хранящиеся в подземном магазине, должны быть размещены на полках так, чтобы они не могли быть сброшены воздушным толчком;

в) выдавать взрывчатые материалы и производить какие бы то было манипуляции с ними в магазинах во время паления воспрещается.

Если место производства взрывных работ находится на расстоянии свыше 100 *м* от подземного магазина, то указанные выше меры предосторожности могут и не соблюдаться.

§ 539. Взрывные работы на поверхности могут производиться на расстоянии не ближе 200 *м* от защищенных валами поверхностных складов взрывчатых материалов, которые по настоящим правилам требуют защищенного ограждения валами. При пересеченной местности и наличии естественной защиты склада или иного помещения для хранения взрывчатых материалов от разлетающихся осколков, взрыва и передачи детонирующей волны указанное расстояние с разрешения горнотехнической инспекции может быть уменьшено до 100 *м*. Предельный вес одновременно взрываемых матéриалов должен определяться по формуле:

$$S = 16{,}6\sqrt{p}$$

где S — расстояние в метрах, а p — заряд в килограммах.

§ 540. Для взрывания шпуров должны применяться капсюли-детонаторы в соответствии с требованиями списка взрывчатых веществ, допущенных к потреблению в горных работах (приложение 5).

При производстве взрывных работ допускается пользоваться только предохранительными бензиновыми лампами или аккумуля́торными.

б) Соединение бикфордова шнура с капсюлями-детонаторами

§ 541. Перед употреблением бикфордов шнур должен быть подвергнут тщательному осмотру, а те места круга, на которых замечены какие-либо внешние недостатки, как-то: нарушения целости внешней обмотки, снятие и т. п., должны быть вырезаны.

§ 542. Работа по соединению капсюля со шнуром должна производиться с соблюдением следующих условий:

а) Указанная работа не может производиться в магазине, в помещении для оттаивания, в жилых помещениях и в присутствии посторонних.

б) Место для этой работы отводится лицом, ответственным за ведение работ.

Указанная работа может производиться в отдельных помещениях (выработках), расположенных вблизи помещений, указанных в § 527, и соединенных с ними небольшим коридором.

в) К месту работ доставляется не более 100 штук капсюлей из проверенной на исправность партии.

г) Каждый капсюль перед употреблением осматривается на чистоту внутренней поверхности трубки и на наличие посторонних частиц, которые можно легко удалить путем постукивания капсюля о ноготь пальца.

д) Категорически воспрещается извлекать из капсюля засоряющие его предметы путем введения внутрь каких-либо посторонних предметов. Также не разрешается удаление опилков выдуванием.

е) Бикфордов шнур соответствующей длины отрезается острым стальным ножом перпендикулярно оси.

ж) Шнур вводится в капсюль свежеотрезанным концом и доводится до соприкосновения с составом капсюля или с прикрывающей состав чашечкой. При этом зазор, получающийся от разницы диаметра шнура по сравнению с диаметром капсюля, устраняется обертыванием конца шнура прорезиненой лентой, затем шнур закрепляется обжиманием верхнего края капсюля специальными щипцами-обжимом. При этом необходимо следить, чтобы было сильного нажатия на капсюль во избежание повреждения пороховой сердцевины шнура и во избежание образования трещин в капсюле и деформации его. Безусловно не допускается надавливание щипцами-обжимом в том месте капсюля, где помещается его состав. Обжимание зубами воспрещается.

§ 543. Для работы во влажных шпурах необходимо применять шнуры асфальтированные, а в воде—гуттаперчевые.

§ 544. Место соединения капсюля со шнуром должно быть изолировано одним из следующих способов:

а) путем обмотки прорезиненной лентой и смазкой поверх резиновым клеем или салом;

б) путем изоляции воском, специальной мастикой—смесью вара и смолы, или бараньим салом и т. п.

в) Патронирование взрывчатых веществ и изготовление новых патронов

§ 545. В качестве оболочек при изготовлении пороховых патронов разрешается употреблять лишь хорошо проклеенную бумагу или другой нетлеющий материал.

§ 546. Изготовление боевых патронов должно производиться не ранее как перед самым заряжанием шпура, с соблюдением всех необходимых мер предосторожности.

Боевые патроны не должны изготовляться в количестве, превышающем потребность в них.

§ 547. Перерезание патронов допускается только деревянными, костяными или медными ножами.

§ 548. Для изготовления боевого патрона в нем с помощью деревянной палочки делается отверстие (по диаметру капсюля-детонатора), и в это отверстие вводится осторожно заранее заготовленный капсюль, соединенный с бикфордовым шнуром.

При этом капсюль вводится в патрон на две трети своей длины так, чтобы бикфордов шнур отнюдь не соприкасался с веществом патрона во избежание преждевременного воспламенения взрывчатого вещества от горения шнура.

При приготовлении боевых патронов, снаряжаемых электропальниками, поступают таким же образом.

При применении электродетонаторов замедленного действия необходимо особенно следить за тем, чтобы он вводился в патрон не более чем на две трети своей длины.

В случае применения патронов с бумажной оболочкой последняя перед введением капсюля со шнуром разворачивается, а затем обвязывается ниткой вокруг бикфордова шнура.

г) Заряжание шпуров

§ 549. Перед заряжанием шпура необходимо проверить его глубину, убедиться, что он сухой (если не предполагается водяная забойка) и что ни на стенках, ни на дне его не имеется посторонних тел или частиц породы.

Воспрещается опускание в сырой шпур патронов гигроскопических взрывчатых веществ, недостаточно изолированных от влаги.

§ 550. При заряжании шпуров патроны необходимо доводить до места, слегка придавливая их при помощи забойника. Боевой патрон, как общее правило, располагаемый поверх заряда, следует вводить осторожно, лишь доводя его до заряда, но не прижимая к последнему.

При всех работах заряжания шпуров нельзя применять железных, стальных или медных забойников, а следует пользоваться деревянным забойником, по концам которого для прочности допускается насадка медных трубок на высоту 5 *см*.

§ 551. При применении зарядов удлиненной формы в глубоких шпурах или сосредоточенных зарядов при котловых взрывах, воспламеняемых электрическим способом или при помощи непрогорающего бикфордова шнура, разрешается помещение боевых патронов внутри заряда.

Помещение внутри заряда боевых патронов, снаряженных электропальником замедленного действия, а также бикфордовым шнуром с горящей оболочкой (при огневом палении) или пальником кельнского типа воспрещается.

§ 552. При применении для зарядки шпуров взрывчатых веществ, склонных к слеживанию, необходимо предварительно руками разминать патроны, за исключением замерзших нитроглицериновых взрывчатых веществ. При употреблении же этих взрывчатых веществ в порошкообразном виде надлежит предварительно деревянным пестиком растереть все комки в неглубокой деревянной чашке. Эти же взрывчатые вещества заряжаются в шпур без чрезмерного уплотнения во избежание отказов (осечек).

д) Забойка

§ 553. Для забойки шпуров могут применяться только инертная пыль, сухой песок или вода; последние 30 *см* шпура разрешается забивать влажной глиной или другими плотными материалами

Воспрещается употребление в качестве забойки при подземных работах в шахтах и в копях горючих материалов, угольной мелочи, а также вообще материалов с примесью угольной пыли.

Допускается применение в качестве забойки пустых промежутков фальшивых патронов, забойки Крускопфа при условии, если для постоянного применения этих способов забойки предприятием будет выработана применительно к местным условиям специальная инструкция, подлежащая утверждению органов труда.

Применение в качестве забойки при гигроскопических взрывчатых веществах воды разрешается только в случаях самой крайней необходимости. При этом слой воды для забойки должен быть не менее 30 *см*. Палениe бесконечной забойки разрешается только на открытых работах.

§ 554. Материал забойки должен легко вводиться в шпур поверх заряда Забойка должна легко нажиматься деревянным забойником, и только в верхних частях, у устья шпура, последние 30 *см* материала забойки уплотняются легкими ударами.

§ 555. При открытых работах допускается помещение поверх заряда предохранительных пробок из негорючих материалов (цемент и др.), а также из горючих материалов, смоченных водой (дерево, сырая пакля и др.). При этом к такой пробке должен привязываться кусок шпагата для возможности извлечения такой забойки в случае отказа шпура. Для изоляции шпура без забойки или с водяной забойкой от случайного попадания в него породы разрешается применять бумажные пыжи.

При открытых работах для забойки шпуров может быть применен любой подходящий сухой рыхлый материал, дающий возможность легкого выдувания или вынимания забойки в случаях осечек.

§ 556. Материал для забойки должен в достаточном количестве иметься в запасе на работах и во избежание отсыревания храниться в закрытых ящиках в крытых сухих помещениях.

§ 557. При заделке рыхлой забойки в шпурах вертикальных и наклонных, а также близких к вертикальным, материал забойки засыпается непосредственно в шпур в порошкообразном виде. При шпурах горизонтальных или восстающих материал забойки заделывается в бумажные гильзы, которые досылаются до места легким нажатием забойника.

е) Паление шпуров

1) Общие правила

§ 558. Паление шпуров должно производиться:

а) бикфордовым шнуром (огневое воспламенение) или другими шнурами, разрешенными к употреблению, например детонирующими;

б) посредством электричества (электрическое воспламенение) при мощи электрозапалов или электродетонаторов. Никакие другие способы паления кроме перечисленных не допускаются.

§ 559. Если взрывные работы производятся в таких местах рудника или копи, из которых рабочие не могут скоро укрыться в боковые ходы или предохранительные ниши достаточных размеров, то для предохранения рабочих от ушибов оторванными кусками породы должны применяться искусственные ограждения. При проходке горизонтальных и наклонных выработок такие ограждения должны состоять из прочных щитов; при углубке же шахт или проведении вертикальных выработок снизу вверх должны устраиваться прочные полки. Как щиты, так и полки должны находиться в достаточном для ограждения рабочих расстоянии от забоев.

В тех случаях, когда при огневом палении своевременное удаление рабочих и запальщиков в безопасные места невозможно, паление шпуров должно быть только электрическое.

§ 560. После заряжания шпуров, перед палением их как в подземных выработках, так и на открытых работах для оповещения окружающих людей должны выставляться, независимо от световых сигналов, люди предупреждающие опасность голосом. В подземных работах при необходимости выставлять сигналистов на исходящей струе следует помещать их по возможности в местах менее опасных в смысле прохождения вредных газов—продуктов паления.

§ 561. Звуковыми сигналами могут быть рожки, трубы, звонки, колокола, металлические доски, рельсы и пр. Они должны быть хорошо слышны и подача их должна производиться в следующем порядке:

1) Первый сигнал (предупредительный); по этому сигналу все рабочие, не занятые палением, удаляются. После первого сигнала на месте взрывов остаются только запальщики, производящие паление, и караульные (при открытых работах—по всем дорогам, проходящим в расстоянии менее 200 *м* от места взрыва). Одновременно выставляются красные фонари (в подземных выработках и ночью на открытых работах) или флаги (на открытых работах в дневное время).

2) Второй сигнал (боевой): по приказанию старшего запальщика дается сигналистом после того, когда последний убедится, что кроме запальщиков по близости никого не осталось.

После этого сигнала приступают к зажиганию бикфордовых шнуров—при огневом палении, или при электрическом палении измеряют сопротивление, а затем соединяют провода с зажимами машинки, рубильника или аккумуляторной батареи и производят паление.

3) Третий сигнал (отбой) означает, что взрывы окончились и одновременно с ним удаляются красные флаги (фонари).

§ 562. После первого сигнала все работающие вблизи места предстоящего взрыва должны удалиться в место достаточно защищенное и заранее указанное лицом, несущим ответственность за ведение взрывных работ. Если местность открытая, то люди удаляются не менее чем на 50 *м* от места взрыва и остаются там до третьего сигнала. Сюда же удаляются запальщики после зажигания бикфордовых шнуров при огневом взрывании. В этих же безопасных местах располагаются палильные машинки или другие принадлежности при электрическом палении.

§ 563. В местностях, где взрывы шпуров в открытых работах могут угрожать безопасности окрестных жителей, подлежащие взрыву шпуры должны покрываться веревочными матами, щитами, металлическими сетками (за исключением случаев взрывания горовых шпуров (котловых мин), или должны быть приняты иные меры предосторожности.

В тех случаях, когда по местным условиям возможно гарантировать безопасность от взрыва шпуров путем удаления от последних на расстояние менее 200 *м* или же устройство надежно укрытых блиндажей, указанное расстояние, за ответственностью заведующего работами, может быть уменьшено.

Администрация предприятия обязана вывесить на видных местах выработанные ею правила, разъясняющие значение подаваемых и выставляемых сигналов и меры прикрытия.

§ 564. Одновременное паление в одном и том же забое более восьми шпуров при проходке шахт и тому подобных случаях и более 12 шпуров при прочих подземных работах разрешается только при помощи электричества. Одновременное паление более четырех (до восьми) шпуров при углубке шахт и тому подобных случаях допускается только в случае применения механического подъема для запальщиков.

§ 565. После выпала перед разборкой породы на обязанности старших рабочих, десятников, запальщиков или кого-либо из лиц надзора лежит тщательный осмотр забоя, имеющий целью установить, нет ли трещин, не угрожает ли обвал и пр.

2) Огневое паление шпуров

§ 566. При открытых горных работах число одновременно вскрываемых шпуров при палении бикфордовым шнуром не ограничивается, но на одного запальщика должно приходиться не более 12 шпуров. В подземных работах на одного запальщика должно приходиться не более 8 шпуров.

§ 567. При взрывании в одном забое нескольких шпуров бикфордовым шнуром длина отдельных шнуров должна выбираться с таким расчетом, чтобы выпал первого зажженного шнура происходил по истечении не менее одной минуты после зажигания последнего шнура, для чего отрезки шнуров (независимо от глубины шпуров) следует подбирать в последовательном порядке так, чтобы разница между длинами двух соседних шнуров была не менее 5—10 *см*.

§ 568. Если количество одновременно взрываемых шпуров (при палении бикфордовым шнуром) как подземных, так и на открытых работах не превосходит восьми, то запальщики должны вести счет выстрела, чтобы знать, все ли воспламененные шпуры произвели взрывы. Если сосчитанное число взрывов окажется меньше числа шпуров, выходить из места прикрытия разрешается лишь по истечении 10 минут после последнего сосчитанного взрыва.

Как в подземных, так и открытых работах при палении более 8 шпуров, а также в том случае, когда счет выстрелов технически затруднен, разрешается счета не вести и из мест прикрытия выходить лишь по истечении 10 минут после последнего взрыва.

При работе в двух подземных забоях, находящихся неподалеку один от другого, взрыв следует вести с таким расчетом, чтобы можно было отчетливо считать выстрелы, почему одновременно воспламенение шпуров в двух подземных забоях воспрещается.

§ 569. При палении шпуров бикфордовым шнуром воспламенение последнего должно производиться при проходке шахт и тому подобных работах одним, а при прочих подземных работах — не более чем двумя лицами.

§ 570. Зажигание бикфордова шнура производится с помощью селитреиного пенькового фитиля.

Применение свечей, приготовленных из динамита, воспрещается. Специальные свечи допускаются к употреблению лишь с особого разрешения Горнотехнической инспекции НКТ СССР.

Воспрещается накладка динамита на конец шнура и зажигание шнура от бикфордова же шнура.

3) Электрическое паление шпуров

§ 571. Электрическое паление шпуров производится от переносной подрывной машинки или от переносной батареи, а также от общей сети низкого напряжения, причем количество одновременно взрываемых шпуров не ограничивается.

Палильные приборы, батареи, измерительные приборы, все принадлежности, относящиеся к палению, должны удовлетворять требованиям отд. XXI „Правила электротехнических сооружений в рудниках" и тип их должен утверждаться Горнотехнической инспекцией НКТ СССР.

§ 572. При электрическом палении шпуров в подземных работах земля (бока, почва и кровля выработок) не должна использоваться как обратный провод. Должны быть приняты меры, предохраняющие провода паления от случайного заземления вследствие их порчи или соприкосновения с другими электрическими проводами. При соединениях проводов между собой следует соединяемые концы хорошо зачистить ножом и затем тщательно заделать изолировочной (прорезиненной) лентой.

Провода, идущие к зарядам, взрываемым порознь, не должны приходить в соприкосновение друг с другом, чтобы при палении одного заряда не взорвать соседние. Как правило, следует применять при электропалении провода с резиновой изоляцией.

§ 573. Электрозапалы и электодетонаторы перед изготовлением запального патрона должны предварительно испытываться на годность омметром или гальваноскопом. Для испытания электродетонаторов присоединяются концевые провода длиной не менее 10 *м*.

§ 574. При одновременном палении большего количества шпуров электродетонаторы (электрозапалы) должны подбираться так, чтобы разница между омическим сопротивлением их не превышала 0,05 Ω.

§ 575. Перед палением необходимо произвести при помощи электроизмерительных приборов измерение сопротивления всей сети, а также изоляции проводов на короткое замыкание и заземление. Кроме того должна быть проверена изоляция провода в отдельности по отношению к земле, рельсам, трубопроводам и т. п.

Проверка производится только тогда, когда все люди удалились и укрытие после второго сигнала перед палением.

Присоединение палильных проводов к палильной машине, батарее или рубильнику электрической сети должно производиться перед самым палением.

При палении от сети перед палильными проводами должно быть включено приспособление, показывающее наличие напряжения в проводке для паления.

§ 576. Распределительный ящик с рубильниками (размыкающими ток одновременно на всех полюсах) должен быть постоянно запертым. Ключ от ящика должен находиться у лица, производящего паление (запальщика).

Последовательно с этим выключателем должен быть поставлен палильный выключатель, снабженный приспособлением, автоматически выключающим цепь после прекращения нажатия.

При стационарных работах необходимо иметь вольтамперметр для проверки осветительной сети.

§ 577. Проводка тока для паления в подземных выработках производится: а) в местах, защищенных от повреждения, при помощи бронированного гибкого кабеля; б) в местах незащищенных—сменяющимся при повреждении гибким проводом, изолированиым вулканизированной резиной.

При этом, если рядом с проводкой находится проводка сети электротока, то она должна быть защищена металлическим покрытием, хорошо заземленным.

§ 578. Все измерительные приборы и машинки необходимо постоянно контролировать на амперметрах и вольтметрах. Особенно надлежит следить за тем, чтобы источники энергии в измерительных приборах не превышали силы тока, необходимой для взрыва запала, а зажимы этих источников энергии были закрыты наглухо футляром, во избежание случайного к ним прикасания.

§ 579. Допускается при открытых работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли, применение электропальников замедленного действия с бикфордовым шнуром кельнского типа и электропальников Эшбаха.

В первом случае перед приготовлением боевого патрона надлежит отрезать ножом небольшой кусок бикфордова шнура (на 1 *см*), так как свободный конец шнура мог пострадать от влажности.

§ 580. Паление должен производить запальщик, который не имеет права передавать кому бы то ни было рукоятку палильной машины, ключ от палильной батареи или от футляра палильного выключателя и не должен допускать к последним кого бы то ни было.

При электрическом палении в помощь запальщику назначается помощник.

§ 581. Все палильные машины батареи и выключатели должны быть так устроены, чтобы без специального ключа, рукоятки или т. п. нельзя было произвести паление.

§ 582. В случае отказа (осечки) при электрическом палении запальщик обязан проверить измерительным прибором правильность омического сопротивления. Если при этом выяснится, что причиной отказа явились недостатки или порча палильной машинки или неисправности рубильников или проводов, неправильные сростки и т. п., то по установлении причин отказа паление должно быть немедленно повторено.

В случае применения палильников замедленного действия паление может быть повторено не ранее 15 минут после первого запала.

§ 583. Все проводящие ток металлические предметы (части) оборудования в забоях подземных выработок должны быть заземлены во избежание движения блуждающих токов.

§ 584. Воспрещается при открытых работах отпалка шпуров электричеством в случае приближения и во время грозы.

4) Ликвидация осечек (отказов) при подземных и открытых работах

§ 585. При электрическом палении после отпалки разрешается подходить к шнуру не ранее чем через 3 минуты после взрыва.

§ 586. Если заряженный шпур не взорвался или если заряд в нем сгорел без взрыва, то такой шпур должен быть ликвидирован.

Для этой цели сначала извлекается осторожно с помощью ложкичищалки верхний плотный слой забойки (глина).

После этого, если заряд состоял из порошкообразного взрывчатого вещества, струей воды под небольшим давлением из гидропульта (трубка гидропульта должна быть медная) вымывается остальная рыхлая часть забойки и весь заряд до дна шпура. Шпур после просушки заряжается заново.

Замоченный капсюль отказавшего заряда должен быть уничтожен согласно § 679.

В том же случае, когда заряд состоит из патронов, он оставляется нетронутым. Рыхлая часть забойки под зарядом извлекается путем выдувания (наконечник должен быть медным) или вымывания как в предыдущем случае. Последний способ применяется при условии, если заряд не пострадает от воды.

Выдувание производится при помощи сжатого воздуха от компрессора. После удаления забойки опускают на очищенный невзорвавшийся заряд новый, второй боевой патрон при помощи забойника и производят вторичный взрыв. При всех работах по выдуванию забойки запальщик должен носить предохранительные очки.

§ 587. Если при введении забойки предусматривалась возможность ее обратного извлечения с помощью предохранительной пробки на случай отказа (§ 555), то допускается осторожное вынимание забойки за привязанный к пробке конец шпагата. После извлечения верхней плотной забойки осторожно вынимается остальная забойка. Новый боевой патрон вводится осторожно с помощью прибойника до соприкосновения с отказавшим зарядом.

§ 588. Повторная досылка в отказавший шпур нового боевого патрона без предварительного извлечения забойки может быть допущена лишь в тех случаях, когда забойка отсутствует или применяется водяная забойка и новый патрон-пальщик входит в отказавший шпур свободно, и при этом имеются основания предполагать, что шпур не засорился от соседних взрывов. Повторное заряжание шпура должно производиться не ранее чем через 30 минут после предыдущей отпалки его.

§ 589. Воспрещается: а) извлечение боевого патрона из шпуров, не давших взрывов; б) выбуривание или вынимание зарядов; в) дальнейшее углубление шпуровых стаканов и г) оставление заряженных шпуров невзорванными.

В случае невозможности ликвидировать невзорвавшийся шпур всеми способами, перечисленными в §§ 586 — 588, разрешается заложить параллельный шпур, с тем чтобы после взрыва его собрать невзорвавшиеся патроны соседнего шпура.

§ 590. В случае замеченных отказов (осечек) патронов в шпуре, а также при подрыве шпура соседним шпуром на обязанности старших рабочих, десятников, запальщиков или кого-либо из лиц надзора лежит немедленный и самый тщательный осмотр взорванной породы. Лишь после указанного осмотра рабочие допускаются к разборке породы. При этом для работы могут применяться только деревянные лопаты.

§ 591. Всю работу по ликвидации осечек должен выполнять сам запальщик, не позволяя при этом находиться посторонним лицам.

5) Взрывные работы в шахтах, опасных по газу или угольной пыли

а) *Общие правила*

§ 592. При производстве взрывных работ в каменноугольных шахтах или копях, или в отдельных выработках таких шахт, подпадающих под действие „Правил по разработке каменноугольных месторождений в рудниках с газом и угольной пылью“ (раздел XII §§ 195 — 277), надлежит соблюдать общие правила и инструкции по применению взрывчатых материалов при горных работах, а также требования, изложенные в §§ 593 — 612.

§ 593. В газовых рудниках I и II категорий (§ 195) взрывные работы допускаются лишь в таких забоях, которые проветриваются деятельной струей, причем в забоях восстающих выработок проветривающая струя должна быть восходящей.

В газовых рудниках III категории (§ 195) взрывные работы допускаются только с особого для каждой копи разрешения горнотехнической инспекции.

В рудниках, в которых наблюдаются внезапные выделения газа, употребление взрывчатых материалов для очистных работ и для подготовительных по углю работ воспрещается, а для подработки пустых пород при проведении подготовительных выработок по пластам допускается лишь в том случае, если указанные выработки проводятся с параллельными воздушными выработками, и забои их проветриваются достаточно деятельной струей.

§ 594. Заряжание и паление шпуров может поручаться только лицам, удовлетворяющим требования § 537.

§ 595. Технический руководитель шахты обязан собственной записью в книге распоряжений по шахте точно указывать, где именно, при каких условиях, с какими взрывчатыми материалами им разрешены взрывные работы.

Копии с таких записей технический руководитель шахты обязан немедленно отправлять горнотехническому инспектору и вывешивать на видных местах в конторе и в надшахтных зданиях.

б) *Предохранительные (антигризутные) взрывчатые вещества*

§ 596. В копях и выработках, указанных в § 592, разрешается пользоваться только предохранительными взрывчатыми веществами и принадлежностями их.

§ 597. Употребление обыкновенных (непредохранительных) взрывчатых веществ при соблюдении во всем остальном требований настоящих Правил допускается лишь в следующих случаях и при соблюдении нижеуказанных условий:

1) При разработке отдельного крыла в каком-либо этаже газового пласта, состоящего в I и II категории, если: а) рудничного газа в этом крыле не наблюдалось и не наблюдается; б) если воздух поступает в него, минуя газовые части рудника, и в) если при этом работы должны производиться в весьма крепкой или влажной пустой породе.

В указанном случае за работами должно быть установлено особое наблюдение через специальное лицо, назначенное рудничной администрацией, и должна вестись запись о ходе работ. О начале работ извещается горнотехническая инспекция.

При таких же обстоятельствах и на тех же основаниях разрешается употребление непредохранительных взрывчатых веществ при прохождении: а) штреков по весьма крепкой или влажной простой породе и квершлагов, ведущихся на негазовую часть месторождения (если в эти штреки и квершлаги не поступает воздух из выработок с выделением газа), и б) шахт, хотя бы проходимых на газовые пласты, но не имеющих сообщения с другими выработками рудника.

§ 598. Гигроскопичные взрывчатые вещества должны применяться в патронах с двумя бумажными оболочками, из которых верхняя должна быть пропитана парафином или воском.

Перед заряжанием верхняя оболочка снимается и удаляется и патроны очищаются от парафина или воска. Эти патроны не следует оставлять продолжительное время без употребления, и в особенности в сыром помещении или на открытом воздухе.

е) Бурение и заряжание шпуров

§ 599. Каждый шпур, выбуренный по углю, должен быть до его заряжания тщательно очищен от угольной пыли.

§ 600. Каждый шпур должен заряжаться взрывчатым веществом в количестве, не превышающем максимального заряда, установленного для данного взрывчатого вещества при употреблении его в копях и выработках, указанных в § 592 (приложение 5-е).

Заряжание одного и того же шпура различными взрывчатыми веществами разрешается только после утверждения этого способа заряжания для данного предприятия горнотехнической инспекцией.

§ 601. Воспрещается заряжать шпуры, из которых выделяется рудничный газ.

§ 602. Воспрещается взрывание шпуров без забойки.

§ 603. Забойка шпуров должна производиться самым тщательным образом, причем материалом для забойки могут служить сухая инертная пыль, сухой мелкий песок, сухой молотый мел и т. п.

Забойка должна вводиться в шпур таким образом, чтобы часть ее, непосредственно прилегающая к заряду, оставалась рыхлой и могла сжиматься под давлением продуктов взрыва. Остальная часть шпура — последние 30 *см* к устью его — должна забиваться обычным способом — сухим рыхлым материалом или пластичной глиной.

В мокрых шпурах, где невозможно пользоваться сухим материалом для забойки, разрешается забивать шпуры пластичной глиной, песком или водой. В газовых и пыльных шахтах обязательно применение внешней забойки.

Во всех случаях забойка должна составлять около $1/3$ глубины шпура, но во всяком случае не менее 0,3 *м*.

Вблизи места, где производятся взрывные работы, всегда должен быть налицо достаточный запас материалов для забойки. Воспрещается применение в качестве забойки пустых промежутков, фальшивых патронов и забойки Крускопфа.

§ 604. Воспрещается применение для шпуров предохранительных пробок (§ 555), а также пыжей из горючих или тлеющих материалов.

г) Паление шпуров

§ 605. Воспрещается производить паление шпуров, если в расстоянии ближе 20 *м* от места заложения их находится неубранный добытый уголь и иные предметы, заграждающие выработку более чем на $1/3$ поперечного сечения последней.

§ 606. Непосредственно перед взрыванием каждого шпура запальщик обязан тщательно исследовать в отношении содержания рудничного газа и пыли все выработки, по которым к месту нахождения шпуров поступает свежий воздух, а также все остальные выработки, примыкающие к этому месту на протяжении не менее 20 *м*. Если при указанном исследовании будет обнаружено где-либо содержание рудничного газа в количестве $1\frac{1}{2}$% и более, или же осевшая на почве, кровле и боках выработок или на крепи угольная пыль, то взрывание шпура воспрещается впредь до понижения процентного содержания рудничного газа и принятия соответствующих мер по обезвреживанию пыли сланцеванием или увлажнением.

§ 607. Воспрещается при всяком палении в шахтах, опасных по газу или пыли, применение бикфордова шнура, а при палении в тех же шахтах по углю — применение пальников замедленного действия.

§ 608. Паление шпуров должно быть только электрическое.

§ 609. Для взрывания шпуров должны употребляться капсюли (электродетонаторы) в соответствии с указаниями списка взрывчатых веществ, допущенных к употреблению в горных работах (приложение 5-е).

§ 610. При электрическом палении в шахтах, опасных по газу и пыли, кроме правил, указанных в §§ 571 — 585, надлежит соблюдать следующее:

1) Употребляемые для работ запалы и все приборы для электропаления (машинки, омметры и т. п.) должны храниться в сухих, по возможности в отапливаемых помещениях.

2) Подбираемые в группы запалы (электродетонаторы) должны обладать одинаковым сопротивлением с точностью до 0,05 Ω.

3) В качестве источников тока следует пользоваться магнитно-или динамо-электрическими машинками, которые по своей конструкции не дают внутри себя искрения. Паление от общей сети разрешается только в выработках, проходимых по пустой породе и имеющих непосредственное сообщение с шахтой, подающей свежий воздух.

4) В целях борьбы с „блуждающими токами", короткими замыканиями и заземлениями для палильных проводов должны применяться исключительно изолированные провода с гупперовской изоляцией.

5) Применение тлеющей изоляции как на электродетонаторах, электрозапалах, так и на шпуровых проводах воспрещается.

Настоящий пункт (5-й) вводится в действие через 3 месяца со дня организации производства нетлеющей изоляции.

6) Перед палением необходимо измерить количество газа у забоя и машинки.

§ 611. Воспрещается производить паление шпуров в промежуточных штреках (подрывка) при очистной выемке по сплошной системе до удаления людей из забоев по углю в безопасное место.

§ 612. В тех случаях, когда в каких-либо участках рудника лицами вентиляционного надзора паление шпуров будет признано опасным, паление не может производиться до тех пор, пока не последует от указанных лиц уведомления об устранении опасности.

6) Обращение с замерзшими нитроглицериновыми взрывчатыми веществами (динамитами)

а) Общие правила

§ 613. С замерзшими нитроглицериновыми взрывчатыми веществами нужно обращаться с осторожностью. Запрещается их разнимать, ломать и резать, а также снимать оболочки с патронов. В замерзшем виде упомянутые вещества не должны употребляться для взрывных работ. Они не могут выдаваться рабочим прежде чем не будут оттаяны. Для труднозамерзающих сортов динамита предельные температуры замерзания устанавливаются НКТ СССР.

б) Меры против температурных воздействий на динамиты

§ 614. Выданн е запальщикам для употребления патроны в теплое время года при нар жной температуре ниже плюс 10° Ц на подземных и открытых работах до ны храниться во время работы в общем порядке, т. е. в особых сумках и н ящиках в безопасных местах, отдаленных от рабочих забоев (§ 526).

Воспрещается хранить динамит в карманах или в одежде.

В холодное время года при наружной температуре ниже плюс 10° Ц при подземных и открытых работах во избежание замерзания динамитов надлежит переносить их к забоям и хранить во время работы в специальных термостатах или термофорах типов, утвержденных НКТ СССР. В случае применения трудно замерзающих нитроглицериновых взрывчатых веществ этот порядок хранения в зависимости от температуры замерзания их может не применяться.

§ 615. При обращении с замерзшими нитроглицериновыми взрывчатыми веществами, особенно полузамерзшими в переходном состоянии, а также после многократных оттаиваний и замерзаний их необходимо принимать во внимание повышенную чувствительность нитроглицериновых взрывчатых веществ к внешним механическим воздействиям. Поэтому:

а) перемещение и перестановка ящиков в складе разрешается только в том случае, если эти операции связаны с оттаиванием или вызваны крайней необходимостью;

б) разворачивание патронов с замерзшим динамитом допускается только после полного оттаивания.

§ 616. Если температура в выработках у забоев превышает плюс 30° Ц, то сумки или ящики с патронами нитроглицериновых взрывчатых веществ должны вноситься туда только перед самым заряжанием шпуров, а до этого их надлежит держать в менее теплых выработках.

в) *Оттаивание замерзших динамитов*

§ 617. Раскупорка и оттаивание замерзших нитроглицериновых веществ должны производиться под надзором ответственного лица, и при том в зданиях, удаленных от жилых или вообще от таких помещений, где работают или продолжительное время находятся люди, а также от складов и помещений с взрывчатыми веществами.

Оттаивание замерзших нитроглицериновых взрывчатых веществ может производиться двояко: а) в термофорах — отогревателях, б) в теплых помещениях.

§ 618. Оттаивание в термофорах должно производиться при помощи воды, нагретой не свыше плюс 40° Ц, в металлических сосудах с двойными стенками из красной меди, отожженной латуни или в крайнем случае из цинка или алюминия, в которых взрывчатое вещество не должно приходить в соприкосновение с водой, и притом в количестве не более 10 *кг* сразу.

§ 619. В случае суточного расхода свыше 50 *кг* оттаивание должно производиться в теплых помещениях. Для этого необходимо устраивать специальные помещения, которые должны состоять из двух несообщающихся между собой отделений, каждое с особым выходом наружу.

В одном из отделений устраивается кирпичная печь, которая одной стороной (но не топкой) должна выходить в другое отделение, предназначенное для оттаивания замерзших нитроглицериновых взрывчатых веществ. Здание для оттаивания может кроме того обогреваться водяным отоплением. При водяном отоплении батареи могут иметь температуру выше предельной плюс 60 — 50° Ц. В этом случае батареи необходимо закрыть асбестовыми экранами, а ящики с оттаиваемым взрывчатым веществом должны быть расположены на расстоянии не менее 1 *м* от экранов.

Проект отопления для оттаивания нитроглицериновых взрывчатых веществ, также проект отопления подземных помещений для оттаивания должен быть согласован с Горнотехнической инспекцией НКТ СССР.

§ 620. Указанные в § 619 помещения должны отстоять от магазинов взрывчатых веществ на расстоянии не менее 200 *м*, а от всяких зданий и дорог не ближе расстояния, установленного в § 405 для магазинов взрывчатых веществ. Если количество одновременно вносимого в эти помещения динамита превосходит 25 *кг*, то они должны быть обнесены валом, как указано в § 437.

§ 621. Запас одновременно оттаиваемых в теплых помещениях нитроглицериновых взрывчатых веществ не должен превышать 150 *кг*.

Оттаивание целыми ящиками воспрещается. Патроны разрешается укладывать как на столах, так и на полках. Столы и полки должны быть обшиты сверху листовым цинком и иметь по краям желобки из такого же материала. Расстояние полок и столов до печи не должно быть менее 1 *м*.

§ 622. Температура в отделениях для оттаивания не должна превышать 25° Ц.

§ 623. Равномерное оттаивание динамита требует срока до 3 дней. Указанный срок може быть сокращен при условии, если заведующий динамитным складом (магазином) после осмотра отогреваемых материалов даст на это свое разрешение

§ 624. В помещения, служащие для оттаивания динамита, одновременно должно допускаться не более двух рабочих.

Воспрещается курить табак в этих помещениях.

§ 625. В случае надобности оттаивание замерзших нитроглицериновых взрывчатых веществ может производиться внутри рудника в выработке, удовлетворяющей условиям, изложенным в §§ 441 и 442, и с соблюдением правил, изложенных в §§ 617 — 619 и 621 — 624.

§ 626. Оттаивание замерзших патронов может производиться и в подземных рудничных магазинах, но при условии, чтобы общее количество этих веществ, находящихся в магазине во время естественного оттаивания, не превышало 150 *кг*.

В случае снабжения замерзшим динамитом теплых подземных магазинов динамит должен быть отпущен для работ только после естественного его оттаивания в течение трехдневного срока.

§ 627. При обнаружении твердой консистенции патронов гризутина необходимо подвергать последние оттаиванию с соблюдением тех же правил, как для нитроглицериновых составов.

В случае, если оттаивание в течение времени, достаточного для оттаивания нитроглицериновых составов, все же окажется недостаточным для размягчения патронов гризутина, то последние надлежит размять путем надавления пальцем.

§ 628. Во всех отапливаемых поверхностных и подземных помещениях, служащих для оттаивания нитроглицериновых взрывчатых веществ, должны иметься снаружи помещения контрольные приспособления, сигнализирующие повышения температуры выше предельной (электрические звонки по принципу термопары, или расплавления металла и т. п.). Сигнальные устройства в газовых шахтах должны отвечать требованиям раздела XXI „Правил электротехнических сооружений в рудниках".

7) Ведение взрывных работ способом минных галерей (минных камер)

§ 629. Взрывные работы по способу минных галерей (минных камер), если они проводятся на горном предприятии впервые, могут осуществляться не иначе, как с разрешения и при обязательном присутствии местного горнотехнического инспектора.

Для этой цели должны представляться чертежи, с указанием размера и расположения галереи, а также разрезы пересекаемых пород.

§ 630. Ведение работ по способу минных галерей поручается специальному лицу, имеющему право технического руководства горнопромышленными предприятиями.

§ 631. Предназначенные к зарядке минных галерей взрывчатые вещества должны до момента зарядки тщательно охраняться.

§ 632. Линия наименьшего сопротивления, т. е. расстояние по перпендикуляру от камер до обнаженной плоскости забоя, должна составлять не менее половины высоты забоя.

§ 633. Минная галерея должна быть по своей конфигурации простой. При этом устройства галерей более чем с двумя камерами нужно избегать.

§ 634. Если при проведении галерей (штолен) имеется по характеру разрабатываемой породы опасность наружных обвалов, то отверстия штольни должны крепиться.

§ 635. Поперечное сечение штольни (галереи) должно быть не менее 1,2 $м^2$ (высота—$1^1/_2$ *м*, а ширина—0,8 *м*).

§ 636. Минная галерея должна состоять из нескольких колен, образующих друг с другом прямые углы.

§ 637. При проведении минной галереи нужно принимать меры для надлежащей их вентиляции.

§ 638. При зарядке минных галерей разрешается пользоваться для освещения только электрическими безопасными лампами.

§ 639. Взрывчатые вещества, предназначенные для заряда должны быть надлежащим образом предохранены от влияния влажности во время зарядки.

§ 640. Взрывчатые вещества (заряд) должны помещаться в камерах только в прочной укупорке (в ящиках).

§ 641. В зависимости от рода применяемых взрывчатых веществ заряд должен иметь возможно большее количество патронов боевиков, распределенных по всему заряду в различных его точках.

§ 642. Для производства взрыва минной галереей должны применяться одновременно два способа воспламенения, независимо один от другого: электрический и огневой.

§ 643. В случае устройства нескольких камер должно применяться исключительно электрическое паление. При этом разрешается применять только запалы накаливания, соединенные последовательно.

§ 644. Электрическое паление разрешается производить только от осветительной или магистральной сети, или же от достаточно мощной подрывной машинки, дающей ток напряжением не менее чем 120 V и силой не менее 3 A.

Другие источники тока при электрическом палении запрещаются.

§ 645. Во время зарядки и забойки концы проводов наружной штольни (галереи) должны быть помещены в запертый деревянный ящик, для того, чтобы они не могли быть оттуда вытащены. Концы проводов должны быть тщательно изолированы.

§ 646. Электродетонаторы или электропальники, а также вся сеть должны испытываться обязательно на целость и на сопротивление омметром.

§ 647. При испытании сети омметром все присутствующие при работах должны удаляться в безопасное место.

§ 648. Электрическая проводка в штольнях должна быть защищена бергманскими трубками или же деревянными желобами не менее чем на $^2/_3$ своей длины, начиная от входа в минную галерею.

§ 649. Взрывы минных галерей должны производиться после окончания смены.

Непосредственно после взрыва вновь образованная стена забоя должна оставаться не тронутой, и всякая работа в забое воспрещается.

8) Ведение взрывчатых веществ при помощи котловых мин (горовых шпуров), а также взрывов в естественных щелях и трещинах

§ 650. Котловые мины и взрывы с использованием естественных щелей породы имеют своей целью добывание больших количеств породы. Кроме общих правил безопасности при ведении горных работ при котловых взрывах необходимо руководствоваться правилами, изложенными в §§ 651—660.

§ 651. Заряжание, забойка и паление готовых шпуров могут производиться запальщиком, но обязательно под непосредственным наблюдением ответственного технического персонала.

§ 652. При применении прострельных работ в глубоких шпурах для получения необходимого уширения запрещается свободное бросание патрона боевика: он должен опускаться при помощи шпагата, провода и т. п.

§ 653. После произведенного прострела шпура новое заряжание его разрешается не ранее чем через 2 часа с целью охлаждения стенок шпура и котла. Этот срок может быть уменьшен до 1 часа при условии искусственного охлаждения шпура сжатым воздухом от компрессора посредством наконечника, доходящего до дна камеры.

§ 654. Если после прострела при новой зарядке или забойке обнаружится осадка породы, которая может привести к преждевременным взрывам, особенно дымного пороха, зарядка шпура не должна производиться в течение нескольких часов. При непрекращении осадки этот перерыв должен быть продлен до суток и более, а в крайних случаях шпур оставляется невзорваным.

§ 655. При применении порошкообразных веществ черного (селитреного) пороха при аммиачных взрывчатых веществах необходимо для засыпания заряда пользоваться цинковой воронкой длиной не менее $^1/_3$ шпура, во избежание просыпания его на стенках шпура.

§ 656. При засыпке порошкообразного вещества в шпур через воронку необходимо следить за тем, чтобы оно не просыпалось в случайные трещины и щели, образовавшиеся в результате предыдущих прострелов.

Если уровень ссыпаемого через воронку взрывчатого вещества не повышается, то это значит, что вещество просыпается в щели. В этом случае необходимо дальнейшую зарядку прекратить и попытаться взрывать шпур боевым патроном с соблюдением всех установленных выше мер предосторожности. Если при этом не последует взрыва всего заряда, то необходимо уплотнить стенки шпура (для устранения трещин) и дно его затиранием глиной и т. п. Только после этого можно приступить к дальнейшей зарядке и палению шпура.

§ 657. Воспрещается извлечение из шпура застрявших вследствие сдвигов отрезков бикфордова шнура проводов от электродетонаторов и т. п. Мерой против возможности такого защемления является предварительное зондирование шпура деревянным щупом большего диаметра, чем воронка для насыпания порошкообразных взрывчатых веществ.

§ 658. В качестве забойки могут применяться сухой и рыхлый песок, буровая мука, каменная пыль и т. п. Забойка должна свободно засыпаться в шпур и отнюдь не уплотняться.

§ 659. При котловых взрывах в неглубоких шпурах глубиной до 6 *м* разрешается применять как электрическое, так и огневое паление.

В случае применения бикфордова шнура при шпурах глубиной более 2 *м* должны вводиться два отрезка бикфордова шнура с боевыми патронами (один шнур запасный).

§ 660. При применении для котловых мин шпуров глубиною более 6 *м* разрешается применять только электрическое паление (при этом тщательно проверяется омметром перед палением как электродетонатор, так и сеть) с обязательным вводом двух патронов, соединенных параллельно.

9) Уничтожение взрывчатых материалов

а) *Общие правила*

§ 661. Взрывчатые материалы, оставшиеся от употребления, если они не могут быть возвращены в склад, проданы другим предприятиям или учреждениям или уничтожены на местах работ в условиях производства этих последних, а также взрывчатые материалы, пришедшие в негодность, и использованная тара должны быть уничтожены одним из следующих трех способов: а) потоплением в воде, б) сжиганием, в) взрыванием.

§ 662. В каждом случае уничтожения взрывчатых материалов должны быть заблаговременно извещены местная милиция и то учреждение, которое выдало разрешение на приобретение взрывчатых материалов. В извещении должны быть обозначены количество уничтожаемого материала и место и время уничтожения. О каждом случае такого уничтожения должен составляться акт.

§ 663. Уничтожение взрывчатых материалов должно производиться под наблюдением и непосредственным руководством лиц, знакомых с обращением с взрывчатыми материалами, и при соблюдении всех правил предосторожности при употреблении их.

б) *Уничтожение путем потопления*

§ 664. Уничтожение взрывчатых материалов потоплением может производиться: а) в открытом море, б) в озерах, прудах и реках с разрешения местного санитарного надзора, в) в бочках и других сосудах с водой.

§ 665. В открытом море в глубоких местах могут уничтожаться потоплением взрывчатые материалы всех родов. При этом уничтожаемые материалы могут потопляться в той укупорке, в которой они были.

§ 666. В озерах, прудах, реках и бочках, а также других сосудах с водой могут уничтожаться потоплением лишь только такие взрывчатые вещества, которые легко и всецело растворяются в воде, а те, которые не вполне растворяются, лишь при условии, если нерастворимый в воде остаток сам по себе является невзрывчатым. Этим способом могут уничтожаться также взрывчатые вещества, главной составной частью которых является калиевая, натровая и аммониевая селитры (черный порох, аммониты и др.) или бертолетовая соль („Усовершенствованный Прометей“, „Ракарок“, „Медзянкит“ и др.). Взрывчатые вещества, содержащие нитроглицерин, как например динамиты, гризутин, а также капсюли, электрозапалы, бикфордов шнур и др., не могут уничтожаться потоплением в озерах, прудах, реках и в бочках.

§ 667. Для потопления в указанных в § 664 водоемах взрывчатые вещества должны быть раскупорены, а патроны освобождены от оболочек. Потопление должно производиться по возможности на значительной площади, чтобы избежать скопления больших количеств взрывчатых веществ в одном месте и чтобы выщелачивание водой растворимой части происходило энергичнее.

§ 668. При потоплении в бочках на каждые 15 *кг* положенных в бочку извлеченных из укупорки и освобожденных от оболочек патронов взрывчатого вещества необходимо налить 125 — 150 *кг* воды (при взрывчатых веществах, содержащих бертолетову соль — лучше горячей), перемешать деревянными мешалками, дать постоять достаточное время (около $^1/_2$ — 1 часа), затем опустить в воду в какую-либо яму, а на оставшийся в бочке материал вновь налить воды. Операцию эту необходимо повторить 3 — 4 раза.

в) *Уничтожение путем сжигания*

§ 669. Сжиганием могут уничтожиться все взрывчатые материалы, за исключением капсюлей и электродетонаторов.

§ 670. Так как сжигание взрывчатых веществ может окончиться взрывом, то для сжигания должно быть выбрано удобное место вдали от жилых построек и путей сообщения (не менее 200 *м*). На этом месте устраивается площадка, тщательно очищенная от камней, сучьев и дерна. Сжигание взрывчатых веществ может производиться лишь в сухую погоду.

Если количество уничтожаемых материалов превышает 1 ящик, то вблизи площадки, на расстоянии 50 *м* в случае отсутствия естественных прикрытий (например неровностей местности, больших деревьев) должно быть устроено какое-либо искусственное сооружение (например стенка из бревен или пластин, земляной вал и пр.), за которыми могли бы находиться лица, производящие уничтожение и предназначенные к уничтожению вещества.

При значительном количестве предназначенных к уничтожению веществ они доставляются из склада к месту уничтожения партиями не более 150 *кг* в каждой. Такая партия помещается за прикрытием и доставляется отдельными ящиками на площадку, где и откупоривается.

§ 671. Сжигание взрывчатых веществ на площадке производится непосредственно воспламенением их, на заранее расположенном и зажженном костре (§§ 672 — 674). При этом количество одновременно сжигаемого вещества не должно превосходить 15 *кг* для черного пороха и 25 *кг* для остальных взрывчатых веществ.

§ 672. Непосредственно сжигаться могут лишь вещества, легко загорающиеся и энергично горящие, как например черный порох, нитроглицериновые составы или составы с бертолетовой солью.

Порошкообразные вещества для сжигания высыпаются из патронов узкой дорожкой. При этом оболочки патронов собираются и сжигаются отдельно после уничтожения всего запаса взрывчатого вещества.

Прессованные или пластичные взрывчатые вещества укладываются в патронах впритык друг к другу в один ряд, причем для лучшей передачи огня концы оболочек отрезаются.

Необходимо наблюдать, чтобы в патронах, назначенных для сжигания, не было заложено капсюлей-детонаторов.

§ 673. Воспламенение дорожки или линии патронов производится с наветренной стороны при помощи бикфордова шнура (без капсюля) или длинного шеста с горящей паклей на конце. после чего лицо, производящее сжигание, должно немедленно удалиться за прикрытие.

Приближаться к месту сжигания можно лишь тогда, когда будет полная уверенность в том что горение взрывчатого вещества закончилось.

По окончании операции необходимо убедиться, что в месте сжигания не осталось несгоревших взрывчатых веществ, для чего надлежит осторожно разрыть золу деревянными лопатами. Обнаруженные взрывчатые вещества должны собираться и сжигаться на костре (§ 674).

К сжиганию следующей партии можно приступить, убедившись в том, что на площадке несгоревших остатков и огня от предыдущей операции нет.

§ 674. Сжигание на костре является операцией, более гарантирующей полное сгорание взрывчатого материала, чем непосредственное сжигание его. Однако способ этот ни в коем случае не следует применять для сжигания черного пороха и ему подобных остатков: они должны сжигаться рассыпанными дорожками.

Костер должен быть расположен настолько большим, чтобы в него не приходилось подкладывать горючего материала во время операции сжигания взрывчатого вещества.

При незначительном количестве сжигаемого вещества патроны его разрешается осторожно бросать один за другим непосредственно в хорошо разгоревшийся костер с небольшого расстояния, причем каждый следующий патрон бросается в костер не ранее полного сгорания предыдущего.

Сжигание на костре следует применять как наиболее целесообразный способ уничтожения бикфордова шнура, не снабженного капсюлями. Детонирующий шнур подлежит уничтожению только взрыванием.

При значительном количестве уничтожаемого вещества костер следует устраивать возможно большей площади, например в виде нескольких параллельных рядов, сложенных из хвороста, стружек и т. п., которые соединяются поперечной грядкой, и на полученный таким образом горючий подстил разбрасываются патроны так, чтобы они не касались друг друга. От одного из концов поперечной грядки ведет боковое ответвление длиной 1,5 — 2 *м* из хвороста, стружек и тому подобного материала.

Для лучшего воспламенения патроны и костры могут быть политы керосином. Поджигание следует производить со свободного конца бокового отверстия описанными выше способами, вслед за тем люди должны удалиться за прикрытие. При этой операции необходимо принять меры, указанные в § 673.

При сжигании динамитных патронов на костре надлежит бросать патроны один за другим, и притом зараз не более 2 *кг* для последовательного сгорания.

Воспрещается сжигание на каменном грунте.

г) *Уничтожение путем взрывания*

§ 675. Уничтожение путем взрывания (детонации) применяется только к взрывчатым веществам, легко взрывающимся от капсюля на открытом воздухе. Для веществ, не растворимых в воде и трудно загорающихся, а также для динамитов, находящихся в незамерзшем состоянии, этот способ является наиболее целесообразным.

§ 676. Допускается уничтожение взрыванием как отдельных патронов, так и целых коробок с патронами. Уничтожение взрыванием целых ящиков запрещается.

Величина одновременно взрываемого заряда не должна превышать 10 *кг*.

Уничтожение взрыванием производится в тех же условиях и при соблюдении тех же мер предосторожности, как и уничтожение сжиганием (§§ 670 — 673), с тем однако, чтобы расстояние от места паления до прикрытия было не менее 100 *м*, а до жилых построек не менее 500 *м*.

§ 677. Для достижения полного взрыва взрывание следует производить в особой яме объемом 0,5 — 0,7 *м*, выкапываемой на площадке, выбранной для уничтожения взрывчатых материалов.

§ 678. Паление должно производиться с помощью электрического тока, и лишь в крайнем случае разрешается применять бикфордов шнур.

Капсюли следует брать не ниже № 8 азотнотетриловые или гремучертутнотетриловые. Для приготовления боевых патронов должны применяться исключительно доброкачественные взрывчатые вещества, обеспечивающие полный взрыв.

Снятые оболочки и пустые коробки и ящики, оставшиеся после уничтожения взрывчатых материалов, должны сжигаться на костре. Подобным же образом, но с соблюдением требования §§ 672 — 674 должны уничтожаться остатки взрывчатых веществ от неполных взрывов, если они оказались.

§ 679. Капсюли следует уничтожать следующим образом:

а) капсюли в укупорке располагаются в яме;

б) поверх капсюлей помещается пачка из 4 — 5 патронов динамита, из которых по крайней мере один боевой;

в) отсыревшие капсюли предварительно должны быть обсушены на воздухе;

г) количество одновременно уничтожаемых капсюлей не должно превосходить 1 000 штук;

д) самое уничтожение ведется по способу, описанному в § 677.

§ 680. Ящики из-под нитроглицериновых взрывчатых веществ, а также и материалы, служившие для их укупорки, немедленно по их освобождении должны сжигаться на открытом воздухе вдали от жилых строений, не ближе 500 *м* от магазинов, складов и других помещений со взрывчатыми материалами, на кострах под надзором заведующего складом или его заместителя.

(См. новые прав. безопасности от 31/V 1930 г.)

РИЛОЖЕНИЕ 5-е К ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ (к § 363).

Список взрывчатых веществ, допущенных к употреблению в горных работах

№№ по порядку	Наименование	Состав взрывчатого вещества		Условия применения
		I. Предохранительные взывчатые вещества		
		1. Взрывчатые вещества, допущенные к употреблению в рудниках, опасных по газу, по угольной пыли или же по газу и угольной пыли при работе по углю		
1	Гризутин слабый	а) Нитроглицериновые взрывчатые вещества		
		Нитроглицерин	11,76—12%	Предельный заряд 800 *г*
		Коллодионый хлопок	0,2—0,24%	
		Аммиачная селитра	86—88%	Капсюль-детонатор № 8 гремучертутнотетриловый в медной гильзе
		Сода или мел	0—1%	
2	Антигриз. Фавье № 2 или Фавье № 4	б) Аммиачные взрывчатые вещества		
		Аммиачная селитра	95,5%	Те же, что по п. 1
		Тринитронафталин	4,5%	
3		Аммиачная селитра	82,8%	Предельный заряд 800 *г*
		Динитронафталин	13,2%	
		Нелетучие вещества, растворяемые в воде	0,8%	При подземных работах капсюль детонатор № 8, гремучертутнотетриловый в медной гильзе.
		Смеси изобутилового спирта и толуола	2,8%	При открытых работах и в рудниках, не опасных по газу и пыли, азидотетриловый капсюль № 8 в алюминиевой гильзе
		Влажность	0,4%	
		2. Взрывчатые вещества, допущенные к употреблению в рудниках, опасных по газу, по угольной пыли или по газу и угольной пыли, но лишь при прохождении выработок по пустым породам		
		Нитроглицериновые взрывчатые вещества		
4	Гризутин сильный	Нитроглицерин	29—30%	Те же, что по п. 1
		Коллодионный хлопок	0,8—1%	
		Аммиачная селитра	69—69,5%	
5	Гризутин 20%-ный	Нитроглицерин	19,6—20%	Те же, что по п. 1
		Коллодионный хлопок	0,4—0,8%	
		Аммиачная селитра	80—79,2%; 79,2—80%	
		II. Непредохранительные взрывчатые вещества		
		1. Взрывчатые вещества, допущенные к употреблению при подземных работах, не опасных по газу и пыли, а также на открытых разработках		
		а) Нитроглицериновые взрывчатые вещества		
6	Желатинообразные 93%-ный гремучий студень	Нитроглицерин	92—93%	Капсюль — детонатор № 8 азидотетриловый или гремучертутнотетриловый
		Коллодионный хлопок	7—8%	
7	88%-ный гремучий студень	Нитроглицерин	87—88%	Те же, что по п. 6
		Коллодионный хлопок	12—13%	
8	Пластичн. Собственно динамиты 83%-ный студенистый динамит	Нитроглицерин	82—83%	Те же, что по п. 6
		Коллодионный хлопок	5—6%	
		Калиевая селитра	9—10%	
		Поглотитель	2—3%	

№№ по порядку	Наименование	Состав взрывчатого вещества		Условия применения
9	83%-ный студенистый динамит	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Натровая селитра Поглотитель	82—83% 5—6% 8—10% 2—3%	Те же, что по п. 6
10	63%-ный студенистый динамит	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Калиевая селитра Поглотитель Сода или мел	62—63% 3—3,5% 25—27% 8% 0—0,5%	Те же, что по п. 6
11	63%-ный студенист. динамит натровый	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Натровая селитра Поглотитель Сода или мел	62—63% 3—3,5% 25—27% 8% 0—0,5%	Те же, что по п. 6
12	63%-ный студенистый динамит аммиачн.	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Аммиачная селитра Поглотитель Сода или мел	62—63% 3—3,5% 25—27% 8% 0—0,5%	Те же, что по п. 6
13	40%-ный студенистый динамит	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Калиевая селитра Поглотитель	38,8—43% 1—3% 41—45% 14—15%	Те же, что по п. 6
14	40%-ный студенистый динамит натровый	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Натровая селитра Поглотитель	38,8—43% 1—3% 41—45% 14—15%	Те же, что по п. 6
15	40%-ный студенистый динамит аммиачн.	Нитроглицерин Коллодионный хлопок Аммиачная селитра Поглотитель	38,8—43% 1—3% 41—45% 14—15%	Те же, что по п. 6
		б) Хлоратные и перхлоратные взрывчатые вещества		
16	Перклорекс	Хлорокалиевая соль Аммиачная селитра Тринитротолуол Ортонитротолуол Керосин	72,88% 12,85% 4,28% 9,13% 0,86%	Те же, что по п. 6

№№ по порядку	Наименование	Состав взрывчатого вещества		Условия применения
17	Шеддит № 1	Хлорноватокислый натрий Динитротолуол и мононитронафталин Растительное масло	75% 25% 5%	Те же, что по п. 6
		в) Взрывчатые вещества типа Шпренгеля, состоящие из сухого вещества в патронах, которые пропитываются жидкой составной частью на месте работы		
18	„Ракарок"	а) Порошок Бертолетова соль Окись железа б) Жидкость—нитробензол	 96,5% 3,5% 	Те же, что по п. 6
19	„Усовершенствованный Прометей"	а) Порошок Бертолетова соль или перхлорат калия Марганцево-кислый калий б) Жидкость Скипидар Фенол или: Вазелиновое масло Фенол или: Вазелиновое масло Фенол Скипидар	 70% 30% 90% 10% 90% 10% 60% 10% 30%	
20	„Медзянкит"	Бертолетова соль Керосин	90% 10%	Пропитанные патроны разрешается хранить не более 48 часов
		г) Оксиликвиты (патроны для изготовления оксиликвитов взрывчатых веществ с жидким кислородом состоят из бумажных гильз, наполненных поглотителем в виде тончайшего пылеобразного порошка		
		2. Взрывчатые вещества, допущенные к употреблению только на открытых горных работах		
21	Дымный порох слабый	Дымный селитросероугольный порох: Селитра Сера Уголь	 52—65% 15—20% 18—20%	

№№ по порядку	Наименование	Состав взрывчатого вещества		Условия применения
22	Дымный порох обыкновенный	Дымный селитросеро-угольный порох: Селитра Сера Уголь	62—70% 14—20% 16—18%	
23	Дымный порох сильный	Дымный селитросеро-угольный порох: Селитра Сера Уголь	75% 10% 15%	
24	Мелинит	Пикриновая кислота		Те же, что по п. 6
25	Динамит	Нитроглицерин Тротиловое масло Коллодионный хлопок	70,8% 20,2% 9,0%	Те же, что по п. 6
26	Динамит 12%-ный А	Динитронафталин Нитроглицерин Аммиачная селитра Сода Пероксилин	11,0% 12,0% 75,8% 1,0% 0,2%	Те же, что по п. 6
27	Динамит 4%-ный	Динитронафталин Нитроглицерин Аммиачная селитра Сода Пироксилин	11,87% 4,00% 83,08% 1,0% 0,05%	Те же, что по п. 6
28	Аммонал № 1	Аммиачная селитра Тринитроксилол или тол Уголь Алюминий	66,0% 14,0% 2,0% 18,0%	Те же, что по п. 6
29	Аммонал № 2	Аммиачная селитра Тринитроксилол или тол	83,0% 17,0%	Те же, что о п.
30	Аммонал № 1б (Укрвзрывтреста)	Аммиачная селитра Алюминий Динитронафталин	81,0% 7,0% 12,0%	Те же, что по п. 6
31	Аммонал № 2 (Укрвзывтреста)	Аммиачная селитра Динитронафталин Тринитроксилол	87,5% 9,2% 3,3%	Те же, что по п. 6

№№ по порядку	Наименование	Состав взрывчатого вещества		Условие применения
32	Клорекс № 1	Бертолетова соль Ортонитротолуол Керосин Касторовое масло	87,10% 10,58% 1,41% 0,91%	Те же что, по п. 6
33	Клорекс № 2	Бертолетова соль Ксеоз Ортонитротолуол Мононитробензол Керосин Касторовое масло	— 87,00% 7,06% 3,52% 1,41% 0,91%	Те же, что по п. 6
34	Клорекс № 4	Бертолетова соль Ксеоз Ортонитротолуол Тринитротолуол Керосин Касторовое масло	— 85,73% 8,84% 2,85% 1,57% 10,16%	Те же, что по п. 6

Член Коллегии НКТ СССР и зам. зав. отделом
охраны труда НКТ СССР *Серина*

Главный горнотехнический инспектор НКТ СССР *Биленко*

31 мая 1930 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6-е К ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ (к § 363)

Инструкция об аммиачно-селитровых взрывчатых веществах аммонитах (аммоналы, состава Фавье, Швейдериты и т. п.)

I. Укупорка

1. Укупорка, предназначенная для перевозки и хранения аммонитов должна быть по возможности герметической. Аммониты, патронированные в бумажные парафинированные гильзы, укладываются в картонные парафиновые коробки. Последние закупориваются в деревянные ящики.

2. Для аммонита в порошкообразном виде укупоркой должны служить банки емкостью 25 *кг* из волнистого железа, покрытые изнутри и снаружи асфальтовым лаком.

Кроме того допускается укупорка порошкообразного аммонита в прорезиненные мешки, помещаемые в деревянные ящики, отвечающие требованиям § 389 Правил безопастности при ведении горных работ.

II. Хранение

1. Общие правила

3. В отношении общего порядка содержании магазинов и других помещений для хранения аммонитов, обращения с ящиками, укладки на стеллажах, учета допуска в хранилища и пр.—хранение аммонита определяется общими правилами содержания взрывчатых материалов, изложенными в Правилах безопасности при ведении горных работ.

4. Так как отличительным качеством аммонитов является их гигроскопичность, то условия их хранения должны в полной мере обеспечивать это взрывчатое вещество от возможности поглощения влажности. Поэтому:

а) Помещения для хранения аммонита должны быть обязательно сухими, обеспечивающими беспрепятственную циркуляцию воздуха, необходимую для постоянного проветривания этих веществ.

б) Устройство пола в магазине должно предохранять от проникновения грунтовой сырости. Крыша не должна протекать. Окна и двери не должны пропускать косого дождя или снега.

в) Ящики и банки должны размещаться согласно § 424 Правил. Воспрещается ставить ящики с аммонитом непосредственно на пол без прокладок или стеллажей: в этом случае возможно быстрое отсырение аммонита.

г) Необходимо тщательно проверить исправность состояния укупорки, помня, что она должна затруднять возможность увлажнения содержимого ящиков. Укупорка без действительной нужды не должна вскрываться. Заделка ящиков после вскрытия должна тщательно с безусловным возобновлением наружной изоляции средствами, доступными складу. Непригодная и неисправная укупорка заменяется пригодной.

5. В магазинах (складах) III и IV классов для хранения аммонитов должна проводиться проверка процентного содержания относительной влажности помещения, определяемой с помощью гигрометра или психрометра.

Кроме того необходимо принимать меры к своевременному проветриванию помещения во избежание его отсыревания.

2. Наблюдение за влажностью

6. При хранении аммонитов необходимо производить контроль за содержанием влажности. При этом нормальной влажностью аммонита считается содержание ее не свыше 1,5%. При повышении содержания влажности свыше 1,5% до 5% необходимо принимать меры к просушке для дальнейшего хранения. При содержании влажности выше 5% аммонит допускается к употреблению лишь после предварительного испытания.

7. Наблюдение за влажностью аммонита выполняется лабораторным путем, и процент влажности определяется по формуле:

$$\frac{(A-B)\cdot 100}{A}$$

где A—вес влажной навески, B—вес высушенный навески.

Испытание на влажность должно производиться следующим образом:

Берут среднюю пробу от образцов по 100 *г*, отобранных от 5% принимаемых ящиков. Навеску с 20—24 *г* помещают в фарфоровую чашечку или кристаллизатор диаметром около 7 *см* и ставят в сушильный шкаф, где держат при температуре 75° до постоянного веса (в пределах точности). Обычно через 5 часов высушивание заканчивается.

По окончании высушивания чашечку ставят в эксикатор и дают навеске охладиться под серной кислотой или хлористым кальцием. Затем вещество взвешивают по возможности быстро, чтобы оно не успело поглотить влажности из воздуха.

Потеря в весе указывает на количество содержащейся в навеске влажности, увеличенное весом летучих частей.

8. Помимо этого наблюдение за влажностью аммонитов должно выполняться:

1) Путем периодического взвешивания специально выделяемых из каждой партии 2—3 пробных ящиков; увеличение веса покажет происшедшее увлажнение.

2) Путем наружного осмотра взрывчатых веществ. При этом необходимо:

а) обращать внимание на изменение окраски взрывчатого вещества: более темная по сравнению с эталоном сухого аммонита, имеющимся на складе, указывает на начавшееся увлажнение;

б) сдавливать пробу рукой, по степени слипания в комья судят о влажности данной партии.

Наконец показателями различных степеней значительного увлажнения служат выкристаллизация аммиачной селитры на стенках укупорки или „вытекание" из ящиков растворившейся селитры.

Такие ящики с выкристаллизовывающейся аммиачной селитрой до замены или просушки их должны быть выделены из числа годных партий; изолирование их из магазинов не обязательно.

3. Сушка влажных аммонитов

9. Сушка отсыревших аммонитов должна производиться с соблюдением следующих правил:

1) При содержании влажности до 1,5% просушивание выполняется без извлечения аммонита из ящиков, и ящики не выносятся из магазина. Сушка достигается продолжительным и тщательным проветриванием магазинов и открыванием окон и дверей. При этом ящики ставятся на разные бока, и промежутки между ящиками делаются возможно большими для свободного обтекания воздуха. В сомнительных случаях возможность сушки проветриванием магазинов определяется гигрометром или психрометром в зависимости от содержания относительной влажности магазинов.

2) При повышении влажности в 5% подлежащие сушке ящики, числом свыше 5, извлекаются из магазинов и доставляются на специально отведенный для сушки участок, выбираемый не ближе 25 *м* от склада. По вскрытии ящиков содержимое их рассыпается невысоким слоем (10—15 *см*) на брезентах, уложенных на деревянных настилах. На случай непогоды, а также для защиты аммонита от прямого действия солнечных лучей устраиваются временные брезентовые или деревянные навесы. Во время сушки рассыпанное на брезентах вещество перемешивается деревянными лопатками. Продолжительность сушки составляет 4—6 и более часов. Одновременно в веществом тщательно просушиваются и ящики. По окончании сушки вещества укладываются в просушенные ящики и немедленно доставляются в магазин.

3) По окончании сушки аммонита производится во всех случаях контрольное испытание на содержание влажности. Если результаты просушки окажутся недостаточными, то сушка должна быть продолжена или повторена до достижения предельного нормального содержания влажности.

10. В осеннее и дождливое время года, а также зимой в случае необходимости произвести сушку аммонита устраиваются в соответствии с § 619 Правил безопасности при ведении горных работ сушилки, которые должны быть расположены не ближе 150 *м* от склада. Сушка ведется при температуре не выше 30° Ц. Одновременно может просушиваться не более 50 *кг* аммонита. Просушиваемый аммонит помещается на тележках, если сушка ведется без высыпки вещества из ящиков, или же аммониты рассыпаются невысоким слоем (10—15 *см*) на столах или полках стелажей, имеющих закраины. По окончании работ полки стелажей и столы должны быть тщательно протерты тряпками, а брезенты с полок тщательно вымыты от остатков аммонита.

11. Попутно с сушкой аммонита, в том случае, когда сушка его производится путем рассыпания на столы или стелажи, покрытые брезентом, слежалость и комковатость устраняются при помощи деревянного ручного катка.

12. Партия аммонита с повышенным содержанием влажности после просушки и понижения (в результате просушки) процентного содержания влажности не должна присоединяться к партиям, имеющим такое содержание влажности без просушки, а должна быть назначена к расходованию в первую очередь.

13. При пересыпаниях (в случае переукупорки) порошкообразного аммонита следует избегать распыления вследствие возможности вредного действия взвешенных в воздухе частиц при проникновении их в дыхательные

органы и возможности отравления некоторыми составными частями, входящими в состав аммонита (дн- н тринитронафталин, порошкообразный алюминий, тринитроксилол и т. п.).

14. После сушки аммонитов с первоначальным содержанием влажности свыше 5% вследствие выкристаллизации аммиачной селитры они могут терять свою однородность и должны быть проверены на чувствительность к капсюлю. Проверки производятся путем взрывания патрона аммонита весом 100 г при помощи тетрилового капсюля-детонатора № 8 на железной плите.

15. Если сушке подлежит патронированный аммонит, заключенный в парафинированные бумажные оболочки, то патроны вскрываются, бумажная оболочка удаляется, и полученный порошкообразный аммонит сушится согласно ст. ст. 9—14. Негодная оболочка уничтожается согласно § 680 Правил безопасности ведения горных работ. Для определения степени пригодности к употреблению на работу патронированного аммонита, наружное состояние которого внушает сомнение (что легко узнается по выпотеванию влаги и выкристаллизации аммиачной селитры, а так же размягчению вещества), производится контрольное испытание на влажность согласно ст. 4. При этом из содержимого 10 патронов, взятых с разных рядов патронов в ящике, составляется средняя проба, которая и подлежит испытанию.

4. Меры на случай пожара

16. При возникновении пожара в магазине, служащем специально для хранения аммонитов, помимо общих мер борьбы с пожаром, предусмотренных Правилами безопасности при ведении горных работ, должно быть организовано заливание горящих ящиков водою и вх оттаскивание, чем огонь может быть быстро локализован.

III. Применение аммонитов

1. Применение патронированного и порошкообразного аммонита

17. Аммониты, применяемые при горных работах, должны выдаваться на работы в виде патронов в бумажной оболочке, снаружи обязательно пропитанной парафином. Размеры патронов должны быть не меньше размеров патронов, применяемых для динамита—длина—100 *мм*, диаметр—25 *мм*, вес—50 *г*. Патроны меньших размеров и веса применять воспрещается. Разрешается, в зависимости от характера бурения на данном предприятии применение аммонита в патронах больших размеров (диаметра и длины); при этом надежность действия таких патронов в шпурах в отношении передачи взрыва (детонации) от патрона к патрону значительно увеличивается по сравнению с патронами меньших диаметров и длины.

18. Аммонит в порошкообразном состоянии разрешается применять только в более или менее глубоких шпурах для горовых (камерных) взрывов с зарядом не меньше 2 *кг*, причем шпуры эти обязательно должны быть совершенно сухими. Аммонит в порошкообразном состоянии должен находиться в надлежащей укупорке согласно ст. 2.

Применение аммонита в порошкообразном состоянии с зарядом меньшим чем 2 *кг* воспрещается. В этих случаях применяется исключительно аммонит патронированный.

19. Аммонит должен доставляться запальщиком к месту работ в сумках или кожаных мешках, защищающих в достаточной мере аммонит от увлажнения и дождя.

20. Прежде чем применять доставленный на работы патронированный аммонит, следует патроны размять руками, что бы не ощущались комья. Эту операцию необходимо производить осторожно, чтобы не нарушить оболочки патрона. Особенно строго это правило нужно соблюдать, когда патроны предназначены для влажных шпуров. Аммониты в металлической оболочке следует перед зарядкой встряхивать легким постукиванием о землю.

21. Заряжая аммонитом шпуры, следует избегать переуплотнения заряда. Заряжание шпуров производится следующим образом:

а) При порошкообразном аммоните. Вещество засыпается в шпур при помощи сосков или кружек. При этом, чтобы избежать рассыпания его на стенках шпуров и возможности преждевременного вследствие этого воспламенения, надлежит засыпать заряд через металлическую (лучше всего из оцинкованной жести) воронку, доходящую до половины глубины скважины. Необходимый заряд следует отмерять кружками емкостью на 1 *кг* с дробными делениями. Заряд следует засыпать в несколько приемов и каждый раз легко уплотнять забойником. После засыпки последней порции аммонита в шпур пускается патрон-пальник (боевой) и легко прижимается забойником.

б) При патронированном аммоните. Заряжание следует производить по одному патрону, досылая их в шпуры забойником и следи за тем, чтобы патроны плотно прикасались один к другому. Боевой патрон опускается в середину или поверх заряда (первый способ надежнее обеспечивает полный взрыв). При досылании патронов разрешается только легкое прижимание их забойником и ни в коем случае не допускаются толчки или удары.

22. Неиспользованные боевые патроны с оставленными в них капсюлями-детонаторами не должны оставаться до следующего дня.

Неиспользованные за смену патроны-пальники запальщик должен по окончании работ разрядить и капсюль тщательно и насухо вытереть от приставшего аммонита.

23. Для обеспечения надежности действия патрона-пальника необходимо следить за тем, что бы аммонит, окружающий капсюль-детонатор, в том патроне обязательно был в рыхлом состоянии (перед приготовлением патрона-боевика верхняя часть его, в которую вставляется капсюль, следует обязательно разминать руками, а в металлических патронах встряхивать).

2. Применение во влажных условиях

24. Для работы во влажных шпурах или в воде должен применяться только патронированный аммонит, при этом оболочка его должна быть: 1) или бумажная двойная, наружная сторона которой должна быть хорошо пропитана парафином; 2) или картонная, или из плотной бумаги, осмоленная изолирующим составом.

25. Патронирование аммонита производится в особом предназначенном для этого помещении, которое должно находиться не ближе 50 *м* от жилых и нежилых зданий.

Наблюдение за патронировкой ведется специально назначенным лицом из персонала, обслуживающего взрывные работы.

В каждой смене, производящей патронировку, должен быть старший, который и несет ответственность за работу своей смены.

26. Патронировочная мастерская состоит из двух комнат, предназначенных первая для патронировки и вторая - для асфальтировки. Кроме того при патронировочной мастерской должен быть погреб для временного хранения запатронированного и заасфальтированного аммонита в размерах, не превышающих суточного запаса.

27. Оборудование комнаты для патронировки должно состоять из двух столов, на одном из которых ведется заготовка гильз, а на другом патронировка. Около столов должны быть полки для складывания гильз и готовых патронов.

28. Комната для асфальтировки должна быть оборудована на электрической печью, на которой происходит разогревание смеси, и рядом жердочкой для просушки заасфальтированных патронов.

Пользование огнем для подогревания смеси внутри помещения категорически воспрещается.

29. В погребе при патронировочной мастерской кроме ряда ящиков для хранения запатронированного аммонита должен находиться один большой ящик, куда складывается привозимый из магазина для патронировки порошкообразный аммонит.

30. Во время работы в патронировочной не должно находиться более 16 *кг* аммонита одновременно.

Помещение патронировочной мастерской должно вентилироваться вытяжными трубами и вентилятором и должно быть снабжено огнетушителем.

31. Вся работа по патронировке разбивается на 4 части: заготовка гильз, патронировка, асфальтировка и заготовка боевика.

32. Заготовка гильз производится следующим образом: из бумаги режутся определенных размеров квадраты, один край которых смазывается клеем и накатывается на деревянный шаблон, образуя таким образом гильзу. Диаметр шаблона должен быть немного менее требуемого диаметра патрона. Затем гильза слегка сдвигается с шаблона, и образовавшуюся пустоту вкладывается заранее выбитое пробойником из картона донышко; конец гильзы надрезается, загибается и наклеивается на донышко.

Готовые гильзы поступают на стол.

33. Для патронирования берется гильза, в которую засыпается аммонит, с начала до половины и слегка спрессовывается деревянным пуансоном, затем гильза досыпается почти доверху, снова уплотняется, поверхность выравнивается, вставляется картонное донышко, и края гильзы загибаются.

После этого патроны сдаются в помещения для асфальтировки.

34. Готовые патроны аммонита опускаются наполовину в подогретую на электрической печи смесь, после чего патроны складываются на специальные жердочки для просушки; затем они снова опускаются в смесь, но уже другим концом, высушиваются и кладутся в специальные ящики в погребе при патронировочной. Для большей прочности оба конца патрона опускаются в смесь вторично.

35. Заготовка боевиков производится следующим образом: в незаасфальтированном конце патрона деревянной заостренной палочкой делается отверстие, и в него вставляется колышек, равный по размерам детонатору, который заливается смесью. При применении таких боевиков на месте работ колышек вынимается и вместо него вставляется капсюль. Употребление металлических палочек для проделывания отверстия в боевике воспрещается.

36. Смесь для асфальтировки приготовляется разогреванием следующих составных частей: 1) смола-вар — 1 кг, 2) смола-пек — 6 кг, 3) канифоль — 800 кг 4) парафин — 500 кг, 5) сало говяжье — 300 кг.

В холодное время года содержание сала увеличивается.

37. В случае применения патронов во влажных шпурах или в воде следует избегать повреждения оболочки при опускании их в шпур, во избежание порчи состава и происходящих от этого отказов.

Место соединения капсюля-детонатора с бикфордовым шнуром и место ввода капсюля в боевой патрон должно быть изолировано липкой лентой или мастикой.

3. Применение аммонитов при работах под водой

38. Металлическая оболочка (жестяная) в патронированном аммоните допускается в случаях систематического применения аммонита под водой.

39. Наполнение гильз аммонитом и уплотнение его должно производиться в особом помещении, без применения каких-либо железных предметов. Так как работа эта производится вручную, то для достижения однообразия в степени уплотнения аммонита необходимо строго следить за этой операцией. Посторонние лица в это помещение, как вообще и в прочие помещения патронировочной, не допускаются. При наполнении гильз необходимо следить за тем, чтобы на пол абсолютно не просыпался аммонит.

Аммонита в этом помещении не должно быть больше того количества, которое может быть помещено в патроны в течение рабочего дня, и при этом с таким расчетом, чтобы к концу работы аммонита в порошке не оставалось.

Пустые гильзы для набивки должны быть приготовлены заранее и аккуратно уложены в ящике. После набивки патроны укладываются также аккуратно и по счету в другой ящик. По заполнении ящика он немедленно передается в соседние помещения для очистки патронов и гильз.

40. В помещении для очистки каждый патрон перетирается сухой чистой тряпкой, и часть гильзы, на которую надевается крышечка, протирается песочной бумагой для зачистки металла до блеска. На каждого из работающих в этом помещении может быть одновременно не более одного полного ящика с патронами (не больше 16 кг взрывчатого вещества)

41. После окончательной подготовки патроны запаиваются в следующем помещении патронировочной. Запаивание патронов должно производиться электрическим паяльником. При этом паяльник необходимо оградить со

всех сторон асбестовыми листами. В комнате для запаивания необходимо постоянно иметь два ведра, наполненных водою, и огнетушители.

При этом в помещении на каждого из работающих должно одновременно приходиться не более одного ящика (16 кг) аммонита. Новый ящик с патронами для запайки можно вносить в это помещение только после того, как предыдущий, уже заполненный запаянными гильзами, ящик вынесен из него. При самом производстве пайки работающим нужно располагаться так, чтобы не мешать друг другу и чтобы патроны находились по одну сторону от них, а приспособление для нагревания паяльников по другую, на расстоянии примерно 1,9 — 2 м между местом нагрева и патронами.

Запаянные гильзы в заполненных ящиках направляются в склад для хранения.

4. Применение аммонитов в наружных зарядках

42. В случае применения аммонита для разбивания отдельных каменных глыб, бутов или валунов наружными зарядами надлежит поступать следующим образом:

а) При применении порошкообразного аммонита выбирается на камне естественное углубление и насыпается на него сухая земля, глина или песок невысокой кучкой, которую забрасывают с таким расчетом, чтобы получился конечной валик с открытой поверхностью камня посредине.

В образовавшееся углубление насыпается заряд, который легко уплотняется ладонью и покрывается дерном, глиной или песком.

б) При патронировании аммонита берется нужное число патронов и связывается в пучок. Один из патронов делается запальным, и заряд помещают в естественное углубление или выемку камня и прикрывают заряд землею, глиной или песком.

Предельный максимальный вес открытого заряда, допускаемый при разбивке бутов, устанавливается на основании формулы: $S = 16.6\sqrt{p}$ для предельных расстояний расположения складов взрывчатых материалов, не защищенных валами, где S — заряд взрывчатого вещества в килограммах, а p — расстояние в метрах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7-е К ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ (к § 363)

Инструкция о взрывчатых веществах „Усовершенствованный Прометей“, „Ракарок“ и „Медзяникит“

I. Порядок применения

1. Составные части „Усовершенствованного Прометея“, „Ракарока“ и „Медзяникита“ могут быть приобретены не иначе как с заводов, приспособленных для выделки этих веществ, или со складов взрывчатых материалов с соблюдением Правил безопасности при ведении горных работ.

2. Разрешенными к употреблению составными частями признаются:

1) по отношению к „Усовершенствованному Прометею“: а) заключенный в бумажную парафинированную оболочку или просто покрытый парафином патрон, состоящий из спрессованного порошка, содержащего 70% бертолетовой соли (хлорноксислого кали) и 30% марганцевокислого кали и б) жидкость, состоящая из 90% скипидара и 10% фенола, или 90% вазелинового масла и 10% фенола, или 30% скипидара, 10% фенола и 60% вазелинового масла;

2) по отношению к „Ракароку“: а) патрон, содержащий смесь из 96,5% бертолетовой соли и 3,5% окиси железа, б) жидкость нитробензол (мирбановое масло);

3) по отношению к „Медзяникиту“ — патрон с бертолетовой солью.

3. Горным предприятиям разрешается приобретать указанные в параграфе 2 составные части не иначе как снабженными от заводов и складов

соответственным числом печатных наставлений о том, как именно должно проводиться пропитывание сухих патронов жидкой составной частью.

4. Перевозка „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита" в готовом к употреблению виде, т. е. в виде пропитанных патронов, воспрещается. Перевозка же и хранение отдельных их составных веществ должны быть подчинены правилам перевозки и хранения бертолетовой соли, окиpидара, нитробензола и керосина.

5. Приготовление к употреблению патронов „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита", т. е. пропитывание их жидкой составной частью, должно производиться под наблюдением опытного в этом деле лица, с соблюдением правил настоящей инструкции.

6. Выдача и расходование „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита" производятся с соблюдением Правил пользования взрывчатыми материалами при горных работах. При доставке пропитанных патронов к забоям заряжание ими шпуров и т. п. должно производиться на основании правил, установленных для нитроглицериновых составов.

7. Переделка пропитанных патронов „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита" воспрещается.

8. Неизрасходованные в течение 24 часов после пропитывания патроны „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и в течение 48 часов патроны „Медзянкита" должны быть уничтожены посредством сжигания на открытом огне с соблюдением условий, указанных в §§ 661 — 663 и 669 — 674 Правил безопасности при ведении горных работ.

9. Воспрещается употребление „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита" при работах в рудниках, опасных по газу и пыли.

II. Пропитывание патронов жидкой составной частью

10. Пропитывание сухих патронов „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита" жидкой составной частью может производиться только в особо для этого приспособленных нежилых зданиях, удовлетворяющих требованиям ст. ст. 13 — 20.

11. Разрешения на устройство указанных в ст. 10 зданий даются горнотехническим инспектором.

12. Работы по пропитыванию патронов в указанных в ст. 10 зданиях могут начинаться без предварительного освидетельствования последних горнотехническим инспектором, но если в последствии они окажутся устроенными с нарушениями настоящей инструкции, то инспектор в праве воспретить дальнейшее производство работ по пропитыванию патронов впредь до приведения зданий в должный вид.

13. Здания для пропитывания патронов не должны находиться: а) ближе 45 *м* от линии железных дорог;

б) ближе 45 *м* от жилых строений и складов легко возгорающихся веществ;

в) ближе 20 *м* от больших (т. е. не проселочных) дорог, каналов и судоходных рек;

г) ближе 20 *м* друг от друга и от проселочных дорог.

Если между местом, выбранным для устройства здания для пропитывания патронов и жилыми строениями и складами легко возгорающихся веществ имеются естественные препятствия, как-то густой лес, скалы и т. п., то указанное в п. „б" расстояние может быть уменьшено по соглашению с горнотехническим инспектором.

14. Здания для приготовления патронов должны быть легкой постройки. Материалом для их сооружения могут служить дерево, глиносоломенные сырцовые кирпичи, войлок и т. п.

Устройство помещения для пропитывания патронов в каменных зданиях воспрещается.

15. Крыши в зданиях для пропитывания патронов должны быть легкими.

Полы в зданиях для пропитывания патронов должны быть земляные или плотные глиняные, с ровной поверхностью, без щелей, углублений и пр.

16. Каждое здание для пропитывания патронов должно состоять не меньше чем из двух помещений:

а) для сухих патронов и жидкой составной части взрывчатого вещества;

б) для пропитывания патронов.

Кроме этих двух помещений, в здании может быть еще и третье, назначенное для временного хранения пропитанных патронов.

17. В целях более быстрого удаления патронов, выделяемых жидкой составной частью „Усовершенствованного Прометея", „Ракарока" и „Медзянкита", в зданиях для пропитывания патронов должны иметься приспособления для надлежащего их проветривания.

18. Отопление зданий для пропитывания патронов может производиться теплой водой, нагретым воздухом или паром, пропускаемым по латунным или медным трубам. Температура наружной поверхности нагревательных приборов должна быть не выше 40° Ц.

19. В зданиях для пропитывания патронов разрешается применять лишь электрическое освещение или иное, в одинаковой мере с ним безопасное. При устройстве электрического освещения должны быть приняты надлежащие меры к устранению нагревания проводников и образования искр.

20. Здания для пропитывания патронов должны быть снабжены водой на случай пожара.

21. Воспрещается в зданиях для пропитывания патронов:

а) производить какие-либо иные работы кроме тех, которые указаны в ст. 22.

б) держать какие-либо приборы, инструменты и материалы, не употребляемые при производимых в указанных зданиях работах.

22. Все работы по подготовке сухих патронов и пропитыванию их жидкой частью взрывчатого вещества, укладке готовых патронов в ящики и отправке последних в склады или к местам потребления должны производиться под наблюдением ответственного лица, хорошо осведомленного со свойствами взрывчатого вещества и его составных частей.

23. В каждом здании для пропитывания патронов не должно быть одновременно занято более четырех рабочих.

Присутствие посторонних лиц не допускается.

24. Воспрещается к работам по пропитыванию патронов допускать подростков и лиц, находящихся в нетрезвом состоянии.

25. Рабочим, находящимся в здании для пропитывания патронов, воспрещается иметь при себе курительные принадлежности и какие-либо приборы для добывания огня.

26. Воспрещается употребление в зданиях для пропитывания патронов обуви с железными гвоздями или подковами.

27. Все работы в зданиях для пропитывания патронов должны производиться вообще только при дневном освещении. Искусственное же освещение допускается только безопасное согласно ст. 19.

28. Пропитывание сухих патронов должно производиться в особых ваннах с соблюдением всех правил предосторожности, как помещенных в специальных для каждого взрывчатого вещества наставлениях, выдаваемых заводами или складами взрывчатых веществ, так и изложенных ниже в ст. ст. 29 - 34.

29. Для работы по пропитыванию патронов должны употребляться совершенно чистые и исправные ванны, приборы, нагревательные аппараты и т. п. Пропитывание новой партии патронов не должно начинаться и материалы для нее не должны вноситься в помещение для ванны ранее, чем пропитанные патроны не будут уложены в ящики и вынесены из этого помещения.

При случайной просыпке или случайном разлитии составных частей взрывчатого вещества или его самого необходимо немедленно тщательно очистить и обмыть те места, где это произошло. Полученная при этом жидкость, употребляемые тряпки, губки и т. п., а также и все, что удалось собрать, должны быть уничтожены под наблюдением ответственного лица с принятием соответствующих мер предосторожности.

По окончании работ все помещения и все приборы, в нем находящиеся должны быть приведены в должный порядок и чистоту.

30. Продолжительность пропитывания сухих патронов жидкой составной частью взрывчатого вещества, если эта продолжительность не указана в упо-

мянутых в ст. 28 наставлениях, должна быть равна получасу для патронов не прессованных и полутора часам для патронов прессованных.

31. Ванны для пропитывания должны быть помещены на прочно укрепленных столах, по одной на каждом. На эти столы не разрешается класть или ставить что-либо другое.

32. Столы или полки для сухих и пропитаных патронов должны быть обиты рольным свинцом или клеенкой.

33. Подготовка сухих патронов для пропитывания должна производиться в помещениях для сухих патронов. В тех же помещениях можно производить обмер или взвешивание составных частей, если это потребуется

34. Пропитаные патроны для доставки их в склады или на место употребления должны укладываться в деревянные ящики, собранные на шипах без гвоздей. Крышки этих ящиков должны быть укреплены в ящиках не иначе как медными шурупами, которые концами не должны проникать внутрь ящика. В каждый ящик может быть помещено не более 8 кг пропитанных патронов.

35. На каждом ящике должно быть указано, когда именно пропитаны укупоренные в них патроны.

36. Общий вес пропитанных патронов и материалов для приготовления их (т. е. сухой патрон и жидкая часть взрывчатого вещества), находящихся одновременно в одном и том же здании для пропитывания патронов, должен быть не более 25 кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8-е К ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ (к § 363)

Правила применения оксиликвитов при открытых горных работах и в неопасных по газу и пыли шахтах

I. Свойство и состав оксиликвитов

1. Патроны для приготовления оксиликвитов (взрывчатых веществ с жидким кислородом) состоят из бумажных гильз, заполненных горючим поглотителем в виде тончайшего, пылеобразного порошка.

Патроны эти приобретают свойства взрывчатости только после напитывания их жидким кислородом.

2. В зависимости от природы поглотителя и плотности набивки оксиликвиты бывают трех родов:

а) оксиликвиты *Д*, по действию равноценные динамиту;

б) оксиликвиты *А*, по действию равноценные взрывчатым веществам с аммиачной селитрой;

в) оксиликвиты *П*, по действию равноценные дымному пороху.

3. Патроны, не напитанные жидким кислородом, взрывчатых свойств не имеют, и потому действующие правила о порядке хранения и перевозки взрывчатых веществ на них не распространяются.

4 Вследствие низкой температуры жидкого кислорода (−180°Ц) и непрерывного испарения его из патронов, для паления последних необходимо, в соответствии с последующими статьями настоящих Правил, применять специально назначенные капсюли и зажигательные шнуры и соблюдать особые правила заряжания шпуров.

II. Общие правила применения оксиликвитов

5. На оксиликвиты распространяются общие правила о порядке применения взрывчатых веществ при производстве горных работ.

При этом впредь до особого распоряжения применение оксиликвитов разрешается исключительно в открытых разработках и в подземных рудниках, не опасных по газу и пыли.

6. Оксиликвиты допускаются к практическому применению при горных работах лишь при наличии всех следующих условий:

а) если оксиликвит выдержал установленное испытание;

б) если данное горнопромышленное предприятие получило от НКТ СССР разрешение на применение оксиликвитов.

7. Для получения разрешения на применение оксиликвитов (п. „б" ст. 6). горнопромышленное предприятие должно подать в НКТ СССР соответствующее заявление, в котором должны быть указаны:

а) рудник и место разработки, где предположено применение оксиликвитов;

б) производственное предприятие (завод, фабрика и т. д.), изготовляющие патроны, назначенные для этих работ, а также необходимые для паления патронов принадлежности;

в) место, где будет добываться назначенный для работ жидкий кислород, и установка, применяемая для получения его (с подробным описанием этой установки);

г) типы сосудов для переноски жидкого кислорода и для напитывания им патронов, с указанием завода, изготовляющего эти сосуды;

д) оборудование рудника для работ с оксиликвитами (в отношении способа доставки жидкого кислорода на рудник, помещения для напитывания им патронов, места хранения патронов, запальных принадлежностей и сосудов для жидкого кислорода в нерабочее время и т. п.).

8. Разрешения на применение при горных работах уже испытанных оксиликвитов выдаются НКТ СССР в соответствии со ст. 5.

9. В разрешении на применение оксиликвитов, выдаваемом каждому отдельному предприятию, должны быть точно указаны:

а) типы и марки патронов, допущенных к употреблению, с описанием самих патронов;

б) типы сосудов для переноски (перевозки) и хранения жидкого кислорода, а также для напитывания им патронов;

в) наименование принадлежностей, применяемых для паления оксиликвитов;

г) наименование рудника и места разработки, для которых выданно разрешение имеет силу.

III. Содержание заводов жидкого кислорода

10. Устройство для изготовления жидкого кислорода состоит из следующих отдельных частей:

а) очиститель для воздуха;

б) компрессор для воздуха;

в) аппарат для сушки сжатого воздуха;

г) аппарат для сжатия воздуха и для обогащения его кислородом;

д) резервуар для хранения запаса жидкого кислорода (только на больших установках).

11. Здания с заготовительным устройством для жидкого кислорода не должны располагаться в непосредственной близости от огнеопасных помещений и складов или места выдачи кальцийкарбида.

12. Вблизи указанных в ст. 11 зданий, а также вблизи сосудов с жидким кислородом воспрещается хранить горючие материалы, и в особенности материалы для обтирки машин.

Необходимое количество обтирочных материалов должно храниться в закрытых металлических ящиках или сосудах.

13. Если освещение помещений, в которых добывается и хранится жидкий кислород, производится пламенными лампочками, то последние должны помещаться снаружи помещения.

При освещении электрическими лампами последние могут помещаться внутри помещения.

14. Воспрещается входить в помещение для изготовления жидкого кислорода посторонним лицам, а также воспрещается вносить в них сосуды с карбидом кальция, лампы горящие и не горящие (за исключением электрических).

15. В помещениях для изготовления жидкого кислорода воспрещается отопление открытыми печами или открытым огнем.

16. В помещениях для изготовления жидкого кислорода воспрещается курение табака.

17. Ремонт и чистка аппаратов для сжатия воздуха должны производиться не иначе, как под наблюдением ответственного и опытного лица, и по возможности только днем.

Электрические лампы, применяемые для освещения внутренности сосудов с жидким кислородом, следует вводить в последние с большой осторожностью, имея в виду большую разность температуры.

IV. Переноска и перевозка жидкого кислорода

18. Переноска и перевозка жидкого кислорода с места производства его на место напитывания патронов производится в особых сосудах, имеющих вместимость от 5 до 100 *л*.

Сосуды эти ввиду испарения жидкого кислорода нельзя закрывать наглухо, и соответственно этому они снабжены особыми сетчатыми крышками, которые снимаются только во время наполнения сосудов или переливания жидкости в сосуды для напитывания кислорода из этих сосудов.

Потеря жидкого кислорода из этих сосудов, в зависимости от размера их, выражается при нормальных условиях следующими цифрами:

Емкость сосуда	Потеря в течение 1 ч.
5 *л*	30 *г*
15 „	50 „
25 „	75 „
50 „	125 „
100 „	200 „

19. Необходимо строго следить за тем, чтобы сосуды для жидкого кислорода не применялись ни для каких других жидкостей, в особенности для керосина, масла и т. п., так как жидкий кислород хотя и не имеет сам по себе взрывчатых свойств, но при соединении с различными органическими веществами дает сильно взрывчатые смеси.

20. Сосуды с жидким кислородом должны опускаться в рудники на клетях или бадьях без сопровождения людей и без ламп тихим ходом и с соответствующей осторожностью.

21. Приспособления для транспорта жидкого кислорода (вагонетки, сосуды) не должны заключать в себе никаких горючих материалов как-то: древесных стружек, соломы и т. п.

22 Воспрещается подходить к сосудам с жидким кислородом с открытыми зажженными лампами. В этих случаях должны применяться предохранительные пламенные или аккумуляторные и электрические лампы.

23. Строго воспрещается курить вблизи сосудов с жидким кислородом.

24. Сосуды, служащие для перевозки жидкого кислорода, должны подвергаться периодическому осмотру и испытанию для проверки состояния изолировки их. Смотр и испытание должны производиться специальным лицом, назначенным для этой цели заведующим рудником.

V. Пропитывание патронов поглотителя жидким кислородом

25. Напитывание патронов жидким кислородом производится только специально подготовленными и вполне надежными лицами — запальщиками.

26. Напитывание следует производить в особом, специально приспособленном помещении, с постоянным (лучше всего электрическим) освещением. Воспрещается подносить открытые лампы ближе 3 *м* (по струе воздуха) к сосудам с жидким кислородом.

Для освещения внутренности сосудов разрешается применять исключительно электрические лампы с соблюдением условий, указанных в ст. 17.

27. Для напитывания патроны укладываются в необходимом количестве (не свыше 100 штук одновременно) в особый, назначенный для этой цели сосуд и осторожно заливаются жидким кислородом из сосудов, служащих для перевозки его. Заливка производится сначала на высоту 5—7 *см*, чтобы патроны

постепенно охлаждались, и только через 2—3 минуты жидкий кислород доливается уже до краев сосуда.

Патроны должны оставаться в жидком кислороде до полного напитывания, для чего требуется от 15 до 20 минут. Признаком окончания напитывания патронов может служить отсутствие изменения уровня жидкого кислорода в сосуде и почти полное прекращение выделения из него пузырьков газа, весьма бурно выделяющихся в начале этой работы.

28. Строго воспрещается курить при напитывании патронов и при дальнейших работах с ними.

29. Капсюли-детонаторы, бикфордов шнур и электрические воспламенители не должны пропитываться жидким кислородом (за исключением случаев, указанных в ст. 37).

30. Ввиду того что после напитывания жидким кислородом патроны делаются очень твердыми, в патрон, служащий пальником, до пропитки по оси его вставляется с одного конца надетая на деревянную палочку бумажная или картонная трубочка диаметром 8—10 *мм*, которая после напитывания остается в патроне и служит для помещения в нее капсюля-детонатора.

31. Напитанные уже патроны, как обладающие свойствами взрывчатости, воспрещается ломать, резать и протыкать. При пользовании ими необходимо принимать все меры к тому, чтобы их оболочка осталась целой.

VI. Заряжание и палепие шпуров оксиликвитами

32. Перед заряжанием шпур должен быть тщательно очищен от буровой муки, что лучше всего производится путем продувания шпура сжатым воздухом, вводимым в шпур по трубке.

В случае наличия в породе или угле серного колчедана следует очищать шпур от пыли особенно тщательно. При наличии затруднений для такой очистки можно вводить в шпур глиняную пробку, которая по пути очищает стенки шпура от пыли и, будучи прижата на дно его, отделяет пыль от патронов.

Необходимо также удалять буровую муку в случае присутствия в ней угля или серного колчедана с площади забоя, непосредственно прилегающей к заряженным шпурам.

33. Диаметр шпура должен быть по крайней мере на 2 *мм* больше диаметра патронов Стенки его должны быть по возможности ровные и гладкие.

34. Напитанные жидким кислородом патроны вводятся в шпур при помощи деревянного забойника и при этом следует избегать сильного трения и ударов, которые могут привести к повреждению оболочки патронов.

35. При палении оксиликвитов должны применяться лишь те сорта капсюлей и зажигательных шнуров, употребление которых для паления оксиликвитов разрешено НКТ СССР. Для детонации патронов оксиликвита, независимо от их происхождения и размеров, необходимо применять капсюли-детонаторы азидотетриловые или гремучертутнотетриловые № 8.

36. Для воспламенения капсюля-детонатора можно пользоваться как электрическими запалами обыкновенного устройства, так и бикфордовым шнуром, но специального сорта, назначенного для паления оксиликвитов.

Применение каких-либо других сортов бикфордова шнура, в особенности в оболочке из гуттаперчи или в оболочке, содержащей смолу, строго воспрещается, так как это может послужить причиной преждевременного взрыва.

37. Если запал помещается внутри патрона-пальника, то его следует пропитывать вместе с запалом, опуская патрон в жидкий кислород тем концом, на котором закреплен запал, после чего патрон вместе с запалом вводится в шпур тем же концом вперед.

Если же желательно избежать указанного способа заряжания, то следует вводить запал в патрон-пальник по меньшей мере на глубину, равную половине всей длины запала.

Разрешается также вводить запал в шпур отдельно от патронов, помещая его в шпуре сбоку заряда.

38. В случае паления бикфордовым шнуром в запальный патрон заранее вставляется бумажная или картонная трубочка (ст. 30), патрон напитывается

отдельно, и затем уже в него вставляется, как обычно, капсюль-детонатор с бикфордовым шнуром соответственной длины.

39. Забойка шпуров, заряженных патронами оксиликвита, должна быть настолько газопроницаема, чтобы испаряющийся непрерывно кислород мог свободно выходить из шпура.

В качестве забойки следует применять сухой рассеянный песок или сухую и маловязкую глину, а в каменносоляных рудниках—буровую муку или молотую соль. Разрешается обертывать забойку в бумагу и затем вводить забойку в шпур в виде патрона.

Пробки, употребляемые для затыкания выходного отверстия шпура, должны быть снабжены отверстием или вырезом для выхода газов и должны загоняться в шпур деревянным молотком.

40. При зарядке и отпайке шпуров с оксиликвитом допускается пользование только предохранительными пламенными или аккумуляторными и электрическими лампами.

41. Шпуры с притоком воды перед заряжанием должны быть по возможности осушены. Если это почему-либо невозможно, то следует применять специальные патроны и производить работы по заряжанию возможно быстрее.

42. Перед отпалкой заряженных шпуров неиспользованные патроны и принадлежности к ним должны быть удалены из места палення.

43. Палéние должно производиться не позднее чем через 10 минут после того, как патроны вынуты из сосуда для напитывания их жидким кислородом, так как патроны оксиликвита вследствие непрерывного испарения кислорода сохраняют взрывчатые свойства только в течение ограниченного времени. При более продолжительной задержке с пламенем сила патронов постепенно падает, и через 20 минут они теряют свои взрывчатые свойства, а через 25—30 минут совершенно теряют весь содержащийся кислород, делаются совершенно безопасными и могут быть вынуты из шпура без всяких предосторожностей, кроме тех, которые требуют присутствия в шпуре капсюля-детонатора.

VII. Меры предосторожности после паления шпуров

44. В случае, если производится палéние только одного шпура, к забою следует подходить не ранее как через 5 минут после отпалки.

При отпалке нескольких шпуров в случае отсутствия уверенности в том, что взорвались все шпуры, следует подходить к забою не ранее как через 20 минут. В остальном следует руководствоваться общими указаниями, имеющимися по этому вопросу в Правилах безопасности при ведении горных работ.

45. Воспрещается немедленно после взрыва приближаться с открытыми лампами к взорванному полезному ископаемому или породе, а также и к невзорвавшимся или оставшимся стаканам. Стаканы разрешается разряжать не ранее как через 2 часа после отпалки.

46. Оказавшиеся неиспользованными пропитанные патроны следует хранить отдельно от непропитанных патронов в особых сосудах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9-е К ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ (и § 474)

Инструкция о порядке устройства громоотводов для помещений со взрывчатыми материалами

I. Общие положения

1. Находящиеся на дневной поверхности помещения для хранения взрывчатых материалов, за исключением складов взрывчатых материалов I класса, должны снабжаться громоотводами, как по системе Франклина, т. е. стержневыми, так и по системе Мельсанса в виде сетки. При этом электрически и механически эти системы не должны быть между собою соединены.

Первая из указанных систем представляет собой отдельно стоящие мачты, которые должны быть расположены на расстоянии от 4 до 6 *м* от наружных стен помещения со взрывчатыми материалами, а вторая система состоит из сетки проволок, охватывающих здание названного помещения и присоединенных к ним пучком спиц.

2. Каждый стержневой громоотвод должен состоять из трех частей; а) верхней—так называемой приемной штанги; б) средней—соединительного проводника и в) нижней - располагаемой под землей.

При этом первые две части могут составлять одно целое. Все части громоотвода имеют одинаково существенное значение и поэтому должны быть выполнены одинаково тщательно.

Материалом для их устройства может служить прокатное железо любого профиля; для устройства средних соединительных частей допускаются железные или медные проволочные канаты.

3. Соединение частей громоотвода между собой должно быть столь совершенно, чтобы в местах соединения электропроводимость была не менее чем в самых проводниках. Поэтому концы отдельных частей громоотвода должны быть сварены или спаяны, а там, где это невозможно, должно быть сделано прочное, плотное соединение с поверхностью соприкосновения в нем не менее 10 *см*². При этом концы отдельных частей должны быть облужены.

4. Изготовление среднего соединительного проводника из различных материалов не допускается. Соединительный проводник не должен иметь крутых изгибов. Все изменения в направлении проводников должны делаться в виде легкого закругления возможно большего радиуса.

5. Для лучшего обеспечения соединение громоотвода с землей подземные проводники должны быть доведены до горизонта постоянных грунтовых вод или же спущены в озеро, реку или пруд.

6. Для складов взрывчатых веществ II класса достаточно одной громоотводной мачты; для складов же IV класса число мачт должно быть равно 4. Высота этих мачт должна быть такова, чтобы их вершины превышали конек крыши склада по крайней мере на 3—4 *м* для складов взрывчатых веществ II класса, на 4—5 *м* для складов III класса и на 5—6 *м* для складов IV класса.

Если склад окружен, то мачты должны устанавливаться на валах, и если число их две или более, то располагаться симметрично по серединам, но не в углах валов. В случае отсутствия валов громоотводные мачты должны устанавливаться на особых опорах вне ограды, окружающей склад.

7. Каждый пучок спиц в громоотводе по системе Мельсанса должен состоять из 7 проволок, таких же как и в сетке, собранных в железном оцинкованном патроне. При этом боковые спицы высотой в 0,5 *м* должны быть расположены под углом 45° к средней высотой в 0,7 *м*. Все спицы должны иметь заостренные верхние концы.

Эти пучки спиц должны быть размещены в один или несколько проволочных рядов, расположенных на крыше здания в расстоянии не более 2 *мм* друг от друга, и соединены проводами, проложенными параллельно к контурам здания как между собой, так и с землей при помощи проволок лок, скрещивающихся под прямыми углами.

8. Провода, расположенные поперек крыши, должны быть на расстоянии не более 0,5 *мм* друг от друга и должны соединяться между собой посредине каждого ската крыши продольными проводами, которые должны свешиваться с двух противоположных сторон здания и охватываться совместно с прочими проложенными по бокам здания отводными проводами, одним общим горизонтальным проводом, расположенным непосредственно под карнизом здания. Концы этой сетки (клетки Фарадея) должны быть присоединены к общему круговому проводу, заложенному у подошвы здания и снабженному не менее чем двумя заземлениями.

9. Соединения пучков с проводами и концов последних между собой должны быть столь совершенны, чтобы в местах соединения электропроводность была не менее чем в самих проводах. Эти соединения должны быть механически прочными.

Материалом для устройства сетки и пучков может служить железная оцинкованная или окрашенная несгораемой краской) проволока диаметром не менее 6 *мм*.

II. Устройство приемных штанг

10 Опоры для укрепления приемных штанг должны быть достаточно прочны, представлять достаточное сопротивление ветрам и представлять возможность прочного укрепления на них приемной штанги. Этим условиям удовлетворяет например высокая деревянная треиога с железными или чугунными скреплениями. В случае не особенно высокой мачты приемная штанга может представлять одно целое с самой мачтой в виде достаточно высокого металлического стержня из прокатного железа, которая вместе с тем может служить и средним соединительным проводником. Для укрепления такой цельной мачты служит невысокая кирпичная тумба с вертикальным каналом внутри для вставления мачты и закрепления ее. Для предохранения мачты от бокового напора ветра она снабжается тремя—четырьмя тягами из тонкого проволочного троса, нижние концы которых закрепляются анкерами в земле.

11. Приемная штанга, поперечное сечение которой должно иметь от 10 до 20 $см^2$, может быть сделано из железа или латуни. Медная штанга может иметь площадь вдое меньше. Поперечное сечение штанги может иметь любую форму — квадратную, круглую, в виде трубки; в случае трубчатой формы необходимо лишь, чтобы верхний конец штанги был наглухо закрыт. Верхний конец приемной штанги может быть любой формы, но лучше придавать ему вид конического острия.

12 Приемная штанга должна устанавливаться отвесно и прочно закрепляться на мачте. Соединение приемной штанги с соединительным проводником должно быть устроено так, чтобы было обеспечено беспрепятственное прохождение грозового разряда по всей системе громоотвода.

Не допускается соединения этих частей под острым углом.

III. Устройство соединительных проводников

13. Материалом для соединительных проводников могут служить железо латунь или красная медь в виде полос или канатов. При этом поперечное сечение таких проводников должно иметь размеры: для железных и латунных проводников — от 250 до 400 $мм^2$, а для медных вдвое меньше.

14. В случае применения для соединительных проводников железных проволочных канатов сумма поперечных сечений отдельных проволок должна приближаться к указанной выше площади поперечного сечения проводника в виде сплошной полосы или стержня, причем отдельные проволоки должны быть диаметром не менее 2 *мм*. То же самое относится и к проволочным канатам из меди.

В случае применения проволочных канатов должно быть обращено особое внимание на тщательное соединение их с приемными штангами. Для этой цели на нижний конец штанги должна закрепляться железная муфта высотой и шириной около 25 *мм*, по наружной поверхности которой должен иметься круговой желобок диаметра, равного диаметру каната. В этот желобок вкладывается конец каната вокруг всей муфты, туго привязывается к ней проволокой и затем припаивается.

Примеры пригодных для проводов проволочных канатов:

а) железный канат из 7 прядей, в каждой по 4 проволоки, толщиной каждая около 3 *мм*; б) медный канат из 4 прядей, в каждой пряди по 4 проволоки, толщиной каждая около 2,6 *мм*.

15. Для предохранения железных соединительных проводников от ржавчины они должны быть оцинкованы или окрашены.

Нижняя часть соединительных проводов на высоте 2 *м* от земли должна быть окружена деревянным футляром для предохранения от механических повреждений.

IV. Подземная часть громоотводов.

16. Подземная часть громоотвода должна достигать поверхности естественных резервуаров воды, невысыхающих в любое время года (моря, озера реки и ручьи). При отсутствии же таких резервуаров подземная часть громоотвода должна доводиться до подземных непересекающих водохранилищ В случае невозможности довести до водохранилища следует делать разветвленное заземление.

17. Подземная часть громоотвода (заземлитель) как стержня, так и сетки устраивается: а) или в виде металлических труб диаметром не менее 5 *см* и длиной не менее 2 *м*, вертикального опущения в землю и расположенных одна от другой на расстоянии не менее 2 *м* или в виде металлической полосы толщиной не менее 3 *мм* и шириной не менее 25 *мм*, заложенной горизонтально на глубине не менее 50 *см* (в этом последнем случае лента может быть зигзагообразно согнута при условии, чтобы шаг зубца был по крайней мере вдвое больше высоты зубцов зигзага), б) или же в виде горизонтально зарытых в землю не менее чем на 50 *см* глубины железных толстых прутьев или кабелей. Число труб и длина полосы или прутьев должны выбираться так, чтобы сопротивление заземления громоотвода было не более 10 Ω.

18. Железные заземлители должны быть оцинкованы, а медные вылужены.

19. Соединение подземных проводников с надземными должно быть столь совершенно, чтобы в местах соединения электропроводность была не менее чем в самих проводниках. Это соединение должно быть механически прочным и может быть произведено с помощью болтов или специальных зажимов.

20. При проводке в открытые резервуары конец проводника должен быть закопан в откос берега, который во избежание размыва, должен быть соответственным образом закреплен. Подземный проводник должен быть углублен по крайней мере на 1 *м* ниже меженных вод.

Подземные провода должны быть уложены на дно резервуара и закреплены на нем деревянными кольями или иным подходящим способом.

21. Если для достижения подземных водохранилищ приходится рыть колодцы, то стенки их должны быть закреплены; дно же всегда должно оставаться открытым. Такие колодцы должны углубляться в постоянные воды не менее чем на 1 *м* и во всяком случае не пересыхать ни в какое время года. Если же из колодца черпается вода, то проводник должен быть хорошо защищен от повреждения. Слишком в сухом грунте подземные проводники в колодцах полезно засыпать раздробленным коксом, коксовой мелочью или древесным углем, смешивая их с небольшим количеством поваренной соли.

Подземные проводники в колодцах должны укрепляться на одной из стен колодца посредством особых скобок или вилкообразных крючков, располагаемых на расстоянии 1,5 *м* один от другого. К стенкам его же колодца должны прикрепляться и подземные заземлители в виде пластины или трубы таким образом, чтобы они находились в вертикальном положении и были совершенно погружены в грунтовые воды.

Хотя и допускается выход в один и тот же колодец нескольких проводников, но как в самом колодце, так и перед ним их не следует соединять между собой, и каждый проводник отдельно должен быть доведен до соединения с пластиной или трубой.

22. С наружной стороны окружающего склад вала на незначительной глубине должен быть положен кругом всего склада проводник (заземлитель), с которым прочно и плотно должны быть соединены отводные провода от приемных штанг. Таким образом при наличии нескольких стержней (штанг) они связываются между собой и затем должны быть присоединены соответствующие проводники к заземлителям.

23. Все металлические массы, расположенные на здании склада с внешней стороны (водосточные трубы, желоба и пр.), должны быть соединены с громоотводной сетью кратчайшим путем и в нескольких местах при помощи отдельных соединительных проводов.

V. Осмотр и проверка громоотвода

24. Громоотвод должен осматриваться и проверяться администрацией предприятия не реже двух раз в год (в конце осени и в начале весны), а также после каждого удара молнии. Первый осмотр и проверка должны быть про-

изведены немедленно после установки громоотвода. При осмотре громоотвода в отношении отдельных частей его необходимо удостовериться в следующем:

а) Приемная штанга: цела ли она и достаточно ли прочно укреплена, не сломан ли и не оплавился ли верхний конец ее, не слезла ли с него краска и нет ли на ней ржавчины.

б) Соединительный проводник: сохранилось ли правильное и прочное соединение его с приемной штангой, нет ли в месте соединения ржавчины, не повреждены ли окраска и укрепления проводника.

в) Подземная часть громоотвода: исправна ли она и отвечает ли сопротивление заземления требованию § 17.

г) Не нарушена ли вся система укрепления, целы ли мачты и поддерживающие их основания.

д) Сетка: прочно ли скреплена она с самим зданием склада, исправны ли все провода, пучки и соединения между отдельными частями, нет ли в местах соединения ржавчины и не повреждена ли там окраска.

ж) Кроме того необходимо произвести измерения сопротивлений громоотвода согласно разделу VI.

После каждого осмотра и проверки громоотвода должен быть составлен акт, и все замеченные неисправности должны быть немедленно устранены.

VI. Проверка сопротивления в громоотводе

25. На складах взрывчатых веществ II класса достаточно производить проверку громоотводов только согласно ст. 21. На складах III класса должно быть произведено еще дополнительное исследование цельности и достаточной проводимости стержневого громоотвода при помощи электрического звонка согласно ст. 28.

Производство прочих измерений, указанных в настоящих Правилах, для складов II и III классов не требуется. И наконец в складах IV класса должны быть произведены все измерения согласно ст. ст. 29, 30 и 32. Измерения сопротивлений распадаются на измерение сопротивлений надземной части громоотводов стержневой системы и на измерение заземление для обоих систем.

26. Измерение надземной громоотводной части имеет целью проверить исправность соединения между собой проводников громоотводов.

27. Измерение сопротивлений в надземной части громоотвода производится только в том случае, если она составлена по длине из нескольких соединенных между собой частей.

28. Непрерывность соединений должна быть проверена тем, что электрический звонок, включенный в цепь, состоящую из самого громоотвода и соединительных проводов, будет действовать от 2—3 элементов.

Для проверки один из проводов, идущих от звонка с элементом, присоединяется к вершине штанги, а другой — к месту соединения надземной и подземной частей.

29. Величина сопротивления мест сращения (соединения) стержневого громоотвода определяется с помощью омметра.

30. Измерение с помощью омметра должно производиться путем присоединения к омметру исследуемой части стержневого громоотвода при помощи вспомогательных проводов. Из полученного сопротивления следует вычесть сопротивление вспомогательных проводов, а также и самой штанги, полагая ее цельною. Сопротивление штанги определяется по ее длине и сечению.

Сопротивление железа принимается равным 0,12 Ω на 1 *м* длины и 1 *мм*² поперечного сечения, для меди сопротивление принимается равным 0,018 Ω на 1 *м* длины и 1 *мм*² поперечного сечения. Омметр должен быть настолько чувствительным, чтобы он давал возможность измерять сопротивление до 1/30 Ω

31. Предельным допустимым сопротивлением следует считать 0,1 Ω на каждое сращение.

32. Измерение сопротивлений заземления должно производиться с помощью специальных приборов, предназначаемых для измерения сопротивлений.

Приложение 10 к правилам безопасности при ведении горных работ (к § 530)

Форма книги для записи прихода и расхода взрывчатых материалов на центральном складе

Наименование предприятия, при котором состоит склад

Месяц и число	Куда израсходовано	Взрывчатые вещества: наименование и фабричн. марка	Взрывчатые вещества: килограммы	Взрывчатые вещества: граммы	Капсюли (штуки)	Капсюли (штуки)	Электродетонаторы (штуки)	Электрозапалы (штуки)	Шнур: круги	Шнур: метры

(Расход)

Число граф может быть увеличено.

Аннотация

„Курс взрывчатых веществ“ А. Д. Яхонтова написан по унификационной программе для горных втузов. Целиком исчерпывая эту программу, отдельные вопросы разбирает в значительно расширенном объеме. Весь г ... на шесть глав, из которых первая глава разбир ... ии взрывчатых веществ, вторая глава—взрывм ... ном деле. Третья глава—физико-хим ... в и наконец четверта ... ового и электри ... ного

Опечатки к книге А. Д. Яхонтова „Курс взрывчатых веществ“.

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
12	9 сверху	В скобках приводим величины объемов газов наиболее употребительных случаях определение объема газов приходится производить эксде:	В скобках приводим величины объема газов наиболее употребительных взрывчатых веществ.
13	5 „	...нейтральный газ и азот.	...нейтральный газ — азот.
14	7 „	...равномерной температуре как в калориметре, так же, как и наружный сосуд, геликон-	...равномерной температуре как в калориметре, так и в наружном сосуде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каст. Взрывчатые вещества и средства воспламенения.
2. Сухаревский. Взрывчатые вещества и взрывные работы. Тт. I и II.
3. Его же. Взрывные работы в каменноугольной промышленности Донбасса.
4. Его же. Теория взрывчатых веществ.
5. Граубин. Оксиликвиты в горном деле.
6. Сапожников. Теория взрывчатых веществ.
7. Першаков. Взрывчатые вещества и взрывные работы.
8. Биленко. Кардокс и его применение в горном деле.
9. Яхонтов. Взрывматериалы, применяемые в горном деле.
10. Его же. Средства и техника электропаления.
11. Строгальщиков. Испытания взрывчатых материалов.
12. Гармаш. Безопасные взрывчатые вещества в горном деле.
13. Междуведомственный совет НКТ СССР. Исследование газообразных продуктов взрывчатых веществ.
14. „Горный журнал“ за 1930 — 1931 гг.
15. Zeitschrift für das gesamte Schiess-und Sprengstoffwesen за 1929, 1930 и 1931 гг.
16. „За уголь Востока“.

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
159	17 „	$I=\frac{E}{\frac{R}{n}+K}$, получаем $\frac{120}{\frac{2}{100}+6}=\sim 20$ A	$I=\frac{E}{\frac{R}{n}+K}$, получаем $\frac{120}{\frac{2}{100}+6}=\sim 20$ A : 100 = 0,2 A
159	10 „	$I=\frac{E}{\frac{nR}{m}+K}=\frac{120}{\frac{100\cdot 2}{5}+6}=2{,}5$ A	$I=\frac{E}{\frac{nR}{m}+K}=\frac{120}{\frac{20\cdot 2}{5}+6}=$ $=8{,}5$ A : 5 = 1,7 A
174	13 сверху	$r>w$	$r<w$
180	11 „	медь	мел

Опечатки к книге А. Д. Яхонтова „Курс взрывчатых веществ“.

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
12	9 оверху	В скобках приводим величины объемов газов наиболее употребительных случаях определение объема газов приходится производить эксде:	В скобках приводим величины объема газов наиболее употребительных взрывчатых веществ.
13	5 „	...нейтральный газ и азот.	...нейтральный газ — азот.
14	7 „	...равномерной температуре как в калориметре, так же, как и наружный сосуд, геликоидальные мешалки b и по одному...	...равномерной температуре как в калориметре, так и в наружном сосуде.
15	20 „	...находим образования теплоты углекислоты и соды.	...находим теплоты образования углекислоты и воды.
16	16 „	...а C — средняя при постоянном давлении	...а C — средняя теплоемкость при постоянном давлении
21	7 „	$P=\frac{t}{v-a}$	$P=\frac{f}{v-a}$
22	8 „	—	После слова „автором“ должна быть выноска: К. К. Андреев. Журнал „Химическая промышленность“. 1931. № 21 — 22.
25	17 „	...хронографе Браса.	...хронографе Боаса.
36	24 „	...они безусловно будут отрицательные, они безусловно будут сгорать в окись углерода.	...они безусловно будут сгорать в окись углерода.
86	10 снизу.	...до 196°.	...до — 196°.
86	„	...которого 196°,	...которого — 196°,
90	„	... 5 *мм.*	...5 мин.
159	17 „	$I=\frac{E}{\genfrac{}{}{0pt}{}{R}{n}+K}$, получаем $\frac{120}{\frac{2}{100}+6}=\sim 20$ A	$I=\frac{E}{\frac{R}{n}+K}$, получаем $\frac{120}{\frac{2}{100}+6}=\sim 20$ A : 100 = 0,2 A
159	10 „	$I=\frac{E}{\frac{nR}{m}+K}=\frac{120}{\frac{100\cdot 2}{5}+6}=2{,}5$ A	$I=\frac{E}{\frac{nR}{m}+K}=\frac{120}{\frac{20\cdot 2}{5}+6}=$ $=8{,}5$ A : 5 = 1,7 A
174	13 сверху	$r>w$	$r<w$
180	11 „	медь	мел